

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Juli 2002 (18.07.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/056292 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:

G10H

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP02/00074

(22) Internationales Anmeldedatum:

7. Januar 2002 (07.01.2002)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

101 01 473.2

13. Januar 2001 (13.01.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **NATIVE INSTRUMENTS SOFTWARE SYNTHESIS GMBH** [DE/DE]; Schlesische Strasse 28, 10997 Berlin (DE).

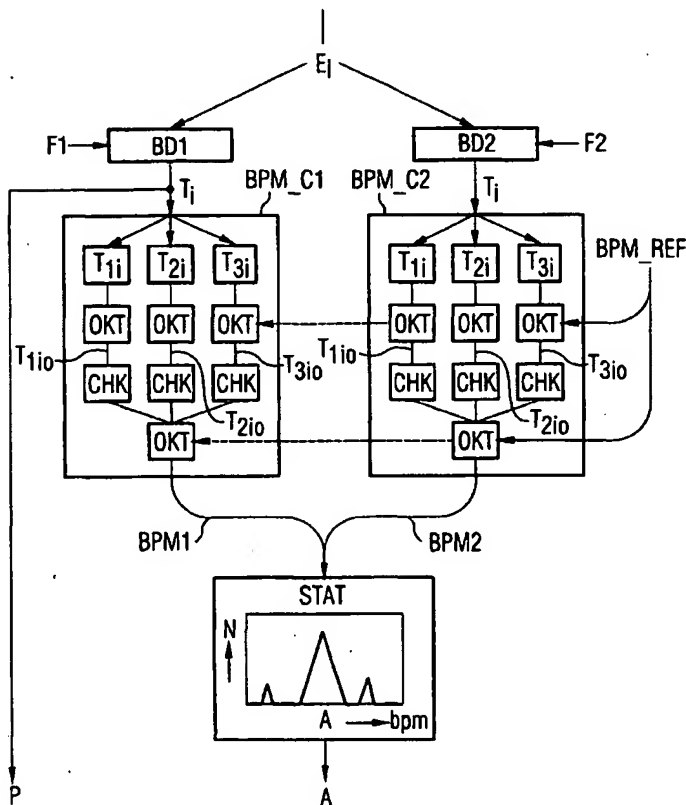
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Friedemann** [DE/DE]; Bördestrasse 18, 27711 Osterholz-Scharmbeck (DE). **HOLL, Thomas** [DE/DE]; Badenwerkstrasse 1, 76137 Karlsruhe (DE). **KURZ, Michael** [DE/DE]; Sesener Strasse 29, 10711 Berlin (DE). **DIEPSTRATEN, Toine** [DE/DE]; Husemannstrasse 29, 10435 Berlin (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AUTOMATIC RECOGNITION AND MATCHING OF TEMPO AND PHASE OF PIECES OF MUSIC, AND AN INTERACTIVE MUSIC PLAYER BASED THEREON

(54) Bezeichnung: AUTOMATISCHE ERKENNUNG UND ANPASSUNG VON TEMPO UND PHASE VON MUSIKSTÜCKEN UND DARAUF AUFBAUENDER INTERAKTIVER MUSIK-ABSPIELER



(57) Abstract: The interactive music player combines the audio playback, the signal analysis and the signal transformation using effects and loops. The invention permits both a real-time recognition of the tempo (A) and the phase (P) of an audio track as well as their automatic matching. In addition, the analysis provides the necessary output data for controlling tempo-synchronous effects and loops. Advantages of the invention include, among other things, the resulting ability of automating the so-called beat-matching and the entire mixing process, whereby the latter can be stored by using correspondingly generated digital control data for, among other things, the control elements of the music player. As a result, the process and the result can be non-destructively reproduced independently of the physical audio data thereby avoiding possible copyright problems that arise when playing back new complete works that are created from a plurality of pieces of music by means of a mixing process.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/056292 A2



**HAYER, Daniel** [DE/DE]; Hufelandstrasse 31, 10407 Berlin (DE).

(74) **Anwalt: KEWITZ, Ansgar**; Robert-Bosch-Strasse 7, 64293 Darmstadt (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM; KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Der interaktive Musik-Abspieler ereint die Audio-Wiedergabe, die Signal-Analyse und die Signal-Transformation mittels Effekten und Loops. Die Erfindung ermöglicht sowohl eine Echtzeit-Erkennung des Tempos (A) und der Phase (P) eines Audiotracks, als auch deren automatische Angleichung. Zusätzlich liefert die Analyse die notwendigen Ausgangsdaten für die Steuerung temposynchroner Effekte und Loops. Vorteile sind unter anderem die dadurch geschaffene Möglichkeit der Automatisierung des sog. Beatmatchings und des gesamten Mix-Vorgangs, wobei letzterer anhand von entsprechend generierten digitalen Steuerdaten für u.a. die Stellglieder des Musik-Abspielers abspeicherbar ist. Dadurch sind der Vorgang und das Ergebnis unabhängig von den physischen Audiodaten nichtdestruktiv reproduzierbar, was mögliche urheberrechtliche Probleme bei der Weitergabe von durch einen Mix-Vorgang geschaffenen neuen Gesamtwerken von einer Mehrzahl von Musikstücken vermeidet.

**Beschreibung**

Automatische Erkennung und Anpassung von Tempo und Phase von Musikstücken und darauf aufbauender interaktiver Musik-Abspieler

Die Erfindung betrifft die Erkennung und Anpassung von Tempo und Phase von Musikstücken, insbesondere zur Realisierung eines interaktiven Musikabspielers, der unter anderem eine Möglichkeit zur Reproduktion von mehreren zu einem neuen Gesamtwerk synchronisierten Musikstücken bietet. Dabei werden digitale Musikdaten nach einer vorteilhaften Ausgestaltung durch ein gleichzeitiges Abspielen von mehreren Musikstücken auf einem Standard-CD-ROM-Laufwerk in Echtzeit gewonnen.

Der Beruf des Disk Jockeys (kurz: DJ) erfährt in der heutigen, durch moderne elektronische Musik geprägten Tanzkultur eine enorme technische Aufwertung. Zum Handwerk dieses Berufes gehört das Arrangieren der Musiktitel zu einem Gesamtwerk (dem Set, dem Mix) mit einem eigenen Spannungsbogen. Dabei ist es unter anderem unerlässlich, die einzelnen Titel in ihrem Tempo und ihrer Phase, also der Lage der Takte im Zeitraster, derart anzugleichen (engl. kurz: „Beatmatching“), dass die Stücke in den Übergängen zu einem Ganzen verschmelzen und der Rhythmus nicht unterbrochen wird.

In diesem Zusammenhang stellt sich das technische Problem der Tempo- und Phasenangleichung zweier Musikstücke bzw. Audiotracks in Echtzeit. Dabei wäre es wünschenswert, wenn eine Möglichkeit zur automatischen Tempo- und Phasenangleichung zweier Musikstücke bzw. Audiotracks in Echtzeit zur Verfügung stünde, um den DJ von diesem technischen Aspekt des Mixens zu befreien, bzw. einen Mix automatisch oder halbautomatisch, ohne die Hilfe eines versierten DJ's erstellen zu können.

Bisher wurde dieses Problem nur in Teilaspekten gelöst. So gibt es Software-Player für das Format MP3 (ein Standardformat für komprimierte digitale Audiodaten), die reine Echtzeit-Tempoerkennung und -anpassung realisieren. Die Erkennung der Phase muss jedoch weiterhin durch das Gehör und die Anpassung des DJ manuell erfolgen. Dadurch wird ein beträchtliches Maß an Aufmerksamkeit des DJ in Anspruch genommen, was andernfalls für künstlerische Aspekte wie Musikzusammenstellung etc. zur Verfügung stünde.

Weiter sind Hardware-Effektgeräte zur Bearbeitung von Audioinformationen bekannt, die zwar Echtzeit-Tempo- und -Phasenerkennung realisieren, jedoch keine Anpassung von Tempo und Phase am Audiomaterial vornehmen können, wenn dieses nur analog eingespeist wird. Es kann lediglich die relative Phasenverschiebung der beiden Audiotracks optisch angezeigt werden.

Es sind jedoch keine Geräte bekannt, welche die Tempo-Information zur Berechnung von Loops (das sind kurze Audio-Teilstücke, die fortlaufend wiederholt wiedergegeben werden können) und Loop-Längen nutzt. Diese werden bei den bisher dafür verwendeten Wiedergabegeräten entweder vorher geschnitten und geladen (Software-MP3-Player) oder manuell gesetzt und angepasst (Hardware-CD-Player).

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit in der Schaffung einer Möglichkeit zur automatischen Tempo- und Phasenangleichung zweier Musikstücke bzw. Audiotracks in Echtzeit mit möglichst hoher Genauigkeit.

Eine wesentliche zu überwindende technische Hürde stellt dabei die Genauigkeit einer Tempo- und Phasenmessung dar, welche mit der für diese Messung zur Verfügung stehenden Zeit sinkt. Das Problem stellt sich somit vorrangig für eine Ermittlung des Tempos und der Phase in Echtzeit, wie es u.a. beim Live-Mixen der Fall ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes mit den folgenden Verfahrensschritten gelöst:

- 5 - näherungsweise Ermittlung des Tempos des Musikstückes durch eine statistische Auswertung der zeitlichen Abstände rhythmusrelevanter Beat-Informationen in den digitalen Audiodaten,
- näherungsweise Ermittlung der Phase des Musikstückes anhand der Lage der Takte in den digitalen Audiodaten im Zeitraster eines mit einer dem ermittelten Tempo proportionalen Frequenz schwingenden Referenz-Oszillators,
- 10 - sukzessive Korrektur von ermitteltem Tempo und Phase des Musikstückes anhand einer möglichen Phasenverschiebung des Referenz-Oszillators relativ zu den digitalen Audiodaten durch Auswertung der resultierenden systematischen Phasenverschiebung und Regulierung der Frequenz des Referenz-Oszillators proportional der ermittelten Phasenverschiebung.

Es erfolgt also eine sukzessive Annäherung an den idealen Wert in einem Regelkreis.

- 15 Dabei hat es sich als günstig erwiesen, wenn rhythmusrelevante Beat-Informationen durch Bandpassfilterung der zugrunde liegenden digitalen Audiodaten in verschiedenen Frequenzbereichen gewonnen werden.

Besonders gut gelingt dies, wenn Rhythmusintervalle der Audiodaten im Bedarfsfall durch Multiplikation ihrer Frequenz mit 2er Potenzen in eine vordefinierte Frequenz-Oktave transformiert werden, wo diese Zeitintervalle zur Tempoermittlung liefern. Wenn der Frequenz-Transformation eine Gruppierung von Rhythmusintervallen, insbesondere in Paare oder Dreiergruppen, durch Addition ihrer Zeitwerte vorausgeht, so ergeben sich zusätzliche relevante

20 Intervalle.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die gewonnene Menge an Daten von Zeitintervallen der rhythmusrelevanten Beat-Informationen auf Häufungspunkte untersucht. Die näherungsweise Tempoermittlung erfolgt dann anhand der Informationen eines Häufungsmaximums.

- 25 Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wird zur näherungsweisen Ermittlung der Phase des Musikstückes die Phase des Referenz-Oszillators derart gewählt, dass sich die größtmögliche Übereinstimmung zwischen den rhythmusrelevanten Beat-Informationen in den digitalen Audiodaten und den Nulldurchgängen des Referenz-Oszillators einstellt.

- Weiter hat es sich als günstig erwiesen, wenn eine sukzessive Korrektur von ermitteltem Tempo und Phase des Musikstückes in regelmäßigen Abständen in so kurzen Zeitintervallen erfolgt, dass resultierende Korrekturbewegungen und/oder Korrekturverschiebungen unterhalb der Hörbarkeitsgrenze bleiben.
- 30

Indem alle sukzessiven Korrekturen von ermitteltem Tempo und Phase des Musikstückes über die Zeit akkumuliert werden, können darauf aufbauend weitere Korrekturen mit stetig steigender Präzision erfolgen.

Anstelle solche sukzessiven Korrekturen permanent vorzunehmen, kann dies alternativ auch solange erfolgen, bis ein vorgegebener tolerierbarer Fehlergrenzwert unterschritten wird. Dafür eignet sich für das ermittelte Tempo insbesondere ein Fehlergrenzwert kleiner als 0,1%.

5 Damit eine Anpassung auf mögliche Tempoänderungen im Musikstück erreicht wird, erfolgt für den Fall, dass die Korrekturen über einen vorgebbaren Zeitraum hinweg immer jeweils negativ oder positiv sind, eine erneute näherungsweise Ermittlung von Tempo und Phase mit anschließender sukzessiver Korrektur.

Neben der voranstehenden automatischen Erkennung von Tempo und Phase von Musikstücken bedarf es zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe auch noch einer Anpassung von Tempo und Phase der Musikstücke.

10 Dieses Problem wird gelöst, indem nach einer ersten näherungsweisen Ermittlung des Tempos und der Phase des Musikstückes das Ergebnis und die Anpassung sukzessive durch Rückwirkung auf die Abspielgeschwindigkeit des Musikstückes verbessert wird.

Gemäß der Erfindung erfolgt dies durch ein Verfahren zur Synchronisierung von mindestens zwei in digitalem Format vorliegenden Musikstücken mit folgenden Verfahrensschritten:

- vollständige Ermittlung von Tempo und Phase des ersten Musikstückes wie voranstehend beschrieben,
- 15 - näherungsweise Ermittlung von Tempo und Phase des weiteren Musikstückes wie voranstehend beschrieben,
- Anpassung der Abspielgeschwindigkeit und der Abspielphase dieses weiteren Musikstückes durch sukzessive Anpassung der Frequenz und der Phase des diesem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators an die Frequenz und die Phase des dem anderen Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators.

20 Dabei hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn zur Anpassung der Abspielgeschwindigkeit und der Abspielphase des weiteren Musikstückes anhand einer möglichen Phasenverschiebung des diesem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators relativ zu dem Referenz-Oszillator des anderen Musikstückes eine Auswertung der resultierenden systematischen Phasenverschiebung und eine Regulierung der Frequenz des dem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators proportional der ermittelten Phasenverschiebung erfolgt.

25 Es erfolgt also eine sukzessive Annäherung an den idealen Wert in einem Regelkreis, in welchem die Tempo und Phasen-Informationen auf die Steuerung der Abspielgeschwindigkeit des Audiomaterials zurückwirken.

30 Zum Abspielen von vorproduzierter Musik werden heutzutage verschiedenartige Geräte für verschiedene Speichermedien wie Schallplatte, CD oder Cassette verwendet. Diese Formate wurden jedoch nicht dafür entwickelt, in den Abspielprozess einzugreifen, um die Musik damit auf kreative Art zu bearbeiten. Diese Möglichkeit ist aber wünschenswert und wird heutzutage trotz der gegebenen Einschränkungen von den eingangs erwähnten Disk Jockeys praktiziert. Dabei werden bevorzugt Vinyl-Schallplatten verwendet, weil man dort am leichtesten mit der Hand die Abspielgeschwindigkeit und -position beeinflussen kann.

Heute werden aber überwiegend digitale Formate wie Audio-CD und MP3 zum Speichern von Musik verwendet. Mit der vorangehend beschriebenen Erfindung wird nun der genannte kreative Umgang mit Musik auf beliebigen digitalen Formaten ermöglicht.

Durch das vorangehend beschriebene Verfahren gemäß der Erfindung ist es nämlich möglich, aus einer Sammlung von Musiktiteln auf vollautomatische Weise einen Mix zu erstellen, bei welchem die Stücke tempo- und phasenrichtig aneinandergereiht werden.

5 Dies wird durch einen Musik-Abspieler ermöglicht, bei dem mindestens zwei in digitalem Format vorliegende Musikstücke wie voranstehend dargestellt in Echtzeit synchronisierbar sind.

Besonders effektiv gelingt dies bei einem solchen Musik-Abspieler, bei dem jeweils rhythmusrelevante Beat-Informationen eines vorgegebenen zurückliegenden Zeitraums ausgehend von einer aktuellen Abspielposition des Musikstückes als Grundlage zur Tempoermittlung in Echtzeit dienen.

10 Durch die automatische Tempoerkennung kann auf Wunsch des Hörers der Inhalt einer Musikdatenquelle, z.B. einer Kompakt Disk CD, in einer von ihm wählbaren z.B. tempoabhängigen Reihenfolge als homogener Mix wiedergegeben werden.

Die Erfindung umfasst daher auch einen solchen Musik-Abspieler, bei dem synchronisierte Musikstücke automatisch zu einem Gesamtwerk mit einheitlichem Rhythmus arrangierbar und abspielbar sind.

15 Um gezielt Eingreifen zu können, ist es wichtig, eine grafische Repräsentation der Musik zu haben, in der man die aktuelle Abspielposition und auch einen gewissen Zeitraum in der Zukunft und in der Vergangenheit erkennt. Dazu stellt man üblicherweise die Amplitudenhüllkurve der Klangwellenform über einen Zeitraum von mehreren Sekunden vor und nach der Abspielposition dar. Die Darstellung verschiebt sich in Echtzeit in der Geschwindigkeit, in der die Musik spielt.

20 Dabei besteht das prinzipielle Bedürfnis, möglichst viel hilfreiche Information in der grafischen Darstellung haben, um gezielt eingreifen zu können. Außerdem möchte man ergonomisch in den Abspielvorgang eingreifen können, auf vergleichbare Art mit dem von DJ's häufig praktizierten "Scratching" auf Vinylplattenspieler, wobei der Plattenteller während der Wiedergabe angehalten und vorwärts sowie rückwärts bewegt wird.

Zur Lösung dieses Problems schlägt die vorliegende Erfindung einen interaktiven Musik-Abspieler vor, der

- ein Mittel zur graphischen Darstellung von mit einer Tempo- und Phasenerkennungsfunktion, insbesondere einer solchen wie vorangehend beschrieben, bestimmten Taktgrenzen eines in der Wiedergabe befindlichen Musikstückes in Echtzeit,
- ein erstes Steuerelement zum Wechsel zwischen einem ersten Betriebsmodus, in dem das Musikstück mit einem konstanten Tempo abgespielt wird, und einem zweiten Betriebsmodus, in dem die Abspielposition und/oder Abspielgeschwindigkeit vom Anwender direkt beeinflussbar in Echtzeit ist, und
- 30 - ein zweites Steuerelement zur Manipulation der Abspielposition in Echtzeit umfasst.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung dieses interaktiven Musik-Abspielers ist dieser zusätzlich ausgestattet mit

- einem Mittel zur graphischen Darstellung der aktuellen Abspielposition, mit dem eine Amplitudenhüllkurve der Klangwellenform des wiedergegebenen Musikstückes über einen vorgebbaren Zeitraum vor und nach der aktuellen
- 35 Abspielposition darstellbar ist, wobei sich die Darstellung in Echtzeit mit dem Tempo der Wiedergabe des Musikstückes verschiebt, und mit

- einem Mittel zur Glättung eines stufigen Verlaufs zeitlich begrenzter, mit dem zweiten Steuerelement vorgegebener Abspiel-Positionsdaten zu einem sich gleichmäßig mit einer der Audio-Abtastrate entsprechenden zeitlichen Auflösung ändernden Signal.

5 Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn zur Glättung eines stufigen Verlaufs zeitlich begrenzter Abspiel-Positionsdaten ein Mittel zur Rampenglättung vorgesehen ist, durch das mit jeder vorgegebenen Abspiel-Positions-nachricht eine Rampe mit konstanter Steigung auslösbar ist, die in einem vorgebbaren Zeitintervall das geglättete Signal von seinem bisherigen Wert auf den Wert der Abspiel-Positions-nachricht fährt. Alternativ oder zusätzlich kann ein lineares digitales Tiefpaß-Filter, insbesondere ein Resonanzfilter zweiter Ordnung, zur Glättung eines stufigen Verlaufs vorgegebener zeitlich begrenzter Abspiel-Positionsdaten dienen.

10 Um Sprünge bei der Wiedergabe zu vermeiden, dient im Fall eines Wechsels zwischen den Betriebsmodi die im vorhergehenden Modus erreichte Position als Ausgangsposition im neuen Modus.

Im Fall eines Wechsels zwischen den Betriebsmodi wird zur Vermeidung von abrupten Geschwindigkeitsänderungen die im vorhergehenden Modus erreichte aktuelle Abspielgeschwindigkeit durch eine Glättungsfunktion, insbesondere eine Rampenglättung oder ein lineares digitales Tiefpaß-Filter, auf die dem neuen Betriebsmodus entsprechende  
15 Abspielgeschwindigkeit geführt.

Um beim Abspielen mit sich stark und schnell ändernder Geschwindigkeit eine möglichst authentische Wiedergabe ähnlich dem „Scratchen“ mit einem Vinyl-Plattenspieler zu erreichen, verwendet eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des interaktiven Musik-Abspielers nach der Erfindung für ein Audiosignal ein Scratch-Audio-Filter, wobei das Audiosignal einer Pre-Emphase-Filterung (Vorverzerrung) unterzogen und in einem Pufferspeicher abgelegt  
20 wird, aus dem es in Abhängigkeit von der jeweiligen Abspielgeschwindigkeit mit variablem Tempo auslesbar ist, um anschließend einer De-Emphase-Filterung (Rückentzerrung) unterzogen und wiedergegeben zu werden.

Aus den Tempoinformationen lässt sich die Länge eines oder mehrerer Takte mit hinreichender Genauigkeit ermitteln um auf Tastendruck die Länge eines Loops so zu setzen, dass sich dieser „knackfrei“ und mit dem Tempo des ursprünglichen Audiotracks spielen lässt. Bei einem solchen interaktiven Musik-Abspieler, der Tempoinformationen auf die beschriebene Weise gemäß der Erfindung ermittelt, ist nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung für  
25 eines oder mehrere der synchronisierten Musikstücke anhand der ermittelten Tempoinformation des jeweiligen Musikstückes die Länge einer über einen oder mehrere Takte dieses Musikstückes reichenden Wiedergabe-Schleife in Echtzeit taktsynchron definierbar und abspielbar.

Die Phasen-Informationen können dazu genutzt werden, wiederum auf Tastendruck, Sprungmarken innerhalb des Tracks, sogenannte Cue-Points, oder ganze Loops genau auf einen Taktanfangs-Beat zu legen. Ein vorteilhafter interaktiver Musik-Abspieler wird also dadurch weitergebildet, dass für eines oder mehrere der synchronisierten Musikstücke anhand der ermittelten Phaseninformation des jeweiligen Musikstückes in Echtzeit taktsynchrone Sprungmarken definierbar und innerhalb dieses Musikstückes um ganzzahlige Vielfache von Takten verschiebbar sind. Solche Cue-Points und Loops können auch auf Tastendruck um ganzzahlige Vielfache von Takten innerhalb des  
35 Tracks verschoben werden. Beides erfolgt in Echtzeit, während der Wiedergabe des Audio-Tracks.

Des weiteren ermöglicht die gewonnene Information über das Tempo und die Phase eines Audiotracks die Ansteuerung sogenannter temposynchroner Effekte. Dabei wird das Audiosignal passend zum eigenen Rhythmus manipuliert, was rhythmisch effektvolle Echtzeit-Klangveränderung ermöglicht. Insbesondere kann die Tempo-Information dazu genutzt werden, Loops mit taktgenauen Längen in Echtzeit aus dem Audiomaterial herauszuschneiden.

- 5 Ein weiter vorteilhafter interaktiver Musik-Abspieler zeichnet sich daher dadurch aus, dass jeder wiedergegebene Audiodatenstrom durch Signalverarbeitungsmittel in Echtzeit manipulierbar ist, insbesondere durch Filtereinrichtungen und/oder Audioeffekte.

- Herkömmlicherweise werden beim Mischen mehrerer Musikstücke die Audioquellen von Tonträgern auf mehreren Abspielgeräten, z.B. Plattenspielern oder CD-Playern, abgespielt und über ein Mischpult abgemischt. Bei dieser  
10 Vorgehensweise beschränkt sich eine Audioaufnahme auf eine Aufzeichnung des Endresultats. Auf der Grundlage von Computersystemen mit Audioschnittstellen mit geeigneter Audioverarbeitungssoftware wie Audio-Sequenzern oder sogenannten Samplebearbeitungsprogrammen, bei denen digitale Audioinformationen manipuliert werden können, ist ein interaktives Eingreifen des Anwenders während der Wiedergabe nicht möglich.

- Für eine Reproduktion des Mischvorganges oder um zu einem späteren Zeitpunkt exakt an einer vorgebbaren Position innerhalb eines Musikstückes weitmischen zu können, wäre es wünschenswert, wenn nicht nur das Endresultat abspeicherbar wäre.  
15

Diese Anforderung wird gemäß der Erfindung durch einen interaktiven Musik-Abspieler gelöst, der dadurch weitergebildet ist, dass Echtzeiteingriffe über den zeitlichen Ablauf als digitale Steuerinformationen speicherbar sind, insbesondere solche eines Mischvorganges mehrerer Musikstücke und/oder zusätzliche Signalverarbeitungen.

- 20 Indem Mischvorgänge von Musikstücken und/oder interaktive Eingriffe in Musikstücke mit Audiosignalverarbeitungsmitteln als ein neues Gesamtwerk unabhängig von digitalen Audioinformationen von Musikstücken in Form digitaler Steuerinformationen, insbesondere zu Reproduktionszwecken, speicherbar sind, lässt sich der Vorgang des interaktiven Mischens und einer interaktiven Effektbearbeitung aufzeichnen und jederzeit wiedergeben.

- Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weisen gespeicherte digitale Steuerinformationen ein  
25 Format auf, das Informationen zur Identifikation der verarbeiteten Musikstücke und eine jeweilige diesen zugeordnete zeitliche Abfolge von Abspielpositionen und Zustandsinformationen der Stellglieder des Musik-Abspielers umfasst.

- Ein entscheidender Vorteil dieser Aufzeichnungsmöglichkeit und des vorgeschlagenen Formates besteht in der Tatsache, dass eine digitale Aufzeichnung des Mischvorgangs unabhängig von den Audiodaten der gemischten Musikstücke und damit ohne urheberrechtlich problematisches Kopieren dieser Audiodaten erfolgen kann. Das Gesamtergebnis kann damit jederzeit selbständig wiedergegeben, weiterverarbeitet, vervielfältigt und übertragen werden.  
30

Ein besonders vorteilhafter interaktiver Musik-Abspieler ist durch ein geeignet programmiertes mit Audioschnittstellen ausgestattetes Computersystem realisiert. Dabei können standardmäßige Datenspeicher des Computersystems zur Aufnahme der Steuerdatei dienen. Auch wird damit ein besonders interessanter Austausch der in der Regel wenig speicherintensiven Aufzeichnungsdateien z.B. auch über das Internet ermöglicht.



In diesem Zusammenhang stellt sich das Problem, dass häufig nur eine Audiodatenquelle vorhanden ist, z.B. ein CD-Player oder im Fall eines Computersystems ein CD-ROM-Laufwerk. Diesen und anderen Abspielgeräten ist in der Regel gemeinsam, dass sie nur über eine einzige Leseinheit verfügen. Zur Durchführung der vorangehend beschriebenen Funktion, insbesondere des Mischen mehrerer Musikstücke müssen jedoch die Audiodaten mindestens zweier Musikstücke gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden. Es wäre daher wünschenswert, wenn dies auch mit einem Abspielgerät mit lediglich einer Leseinheit gelänge.

Die Erfindung löst dieses Problem durch ein Verfahren zur Bereitstellung digitaler Audiodaten mindestens zweier Musikstücke von einer Datenquelle mit nur einer Leseinheit in Echtzeit, wenn die Datenquelle Audiodaten mit einer im Vergleich zu deren Abspielgeschwindigkeit höheren Lesegeschwindigkeit liefert, indem für jedes wiederzugebende Musikstück ein jeweiliger Puffer-Speicher, insbesondere Ringpuffer-Speicher, vorgesehen ist, und die höhere Lesegeschwindigkeit dazu genutzt wird, die jeweiligen Pufferspeicher derart mit zugehörigen Audiodaten zu füllen, dass stets zeitlich vor und nach einer aktuellen Abspielposition des jeweiligen Musikstückes Audiodaten bereitstehen.

Dabei hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Zustand jedes Puffer-Speichers dahingehend überwacht wird, ob ausreichend Daten bereitstehen, und bei Unterschreiten eines vorgebbaren Schwellwertes eine von der Wiedergabe der Musikstücke entkoppelte zentrale Instanz mit der Bereitstellung der erforderlichen Audiodaten beauftragt wird, die selbsttätig die erforderlichen Bereiche von Audiodaten von der Datenquelle anfordert und den zugehörigen Puffer-Speicher mit den erhaltenen Daten auffüllt. Nach einer weiter vorteilhaften Ausführungsform werden beim Auffüllen eines Puffer-Speichers nicht mehr benötigte Daten überschrieben. Weiter hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die zentrale Instanz parallel eintreffende Anforderungen in eine sequentiell abzuarbeitende Reihenfolge bringt.

Besonders gut geeignet ist dieses Verfahren im Zusammenhang mit einem CD-ROM-Laufwerk und stellt eine neuartige und vorteilhafte Form des vom Fachmann als CD-Grabbing bezeichneten Auslesens solcher Laufwerke dar.

Einem weiterhin vorteilhaften interaktiven Musik-Abspieler dient ein nach dem voranstehend beschriebenen Verfahren betriebenes CD-ROM-Laufwerk als Datenquelle der Musikstücke.

Da die vorangehend beschriebene Erfindung besonders vorteilhaft auch auf einem geeignet programmierten Computersystem realisiert werden kann, lassen sich die erfindungsgemäßen Maßnahmen auch in Form eines Computerprogrammproduktes realisieren, das direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwareabschnitte umfasst, mit denen die erfindungsgemäßen Maßnahmen ausgeführt werden, wenn das Programmprodukt auf einem Computer ausgeführt wird.

In diesem Zusammenhang ermöglicht die Erfindung auch die Bereitstellung eines Datenträgers, insbesondere einer Compact Disc, der

- einen ersten Datenbereich mit digitalen Audiodaten eines oder mehrerer Musikstücke und
- einen zweiten Datenbereich mit einer Steuerdatei mit digitalen Steuerinformationen zur Ansteuerung eines Musik-Abspielers umfasst, insbesondere eines solchen wie im vorangehenden beschrieben, wobei
- die Steuerdaten des zweiten Datenbereichs auf Audiodaten des ersten Datenbereichs Bezug nehmen.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die digitalen Steuerinformationen des zweiten Datenbereichs Mischvorgänge von Musikstücken und/oder interaktive Eingriffe in Musikstücke mit Audiosignalverarbeitungsmitteln als ein neues Gesamtwerk der digitalen Audioinformationen von Musikstücken des ersten Datenbereichs repräsentieren.

5 Weiter hat es sich als günstig erwiesen, wenn gespeicherte digitale Steuerinformationen des zweiten Datenbereichs ein Format aufweisen, das Informationen zur Identifikation der verarbeiteten Musikstücke des ersten Datenbereichs und eine jeweilige diesen zugeordnete zeitliche Abfolge von Abspielpositionen und Zustandsinformationen der Stellglieder des Musik-Abspielers umfasst.

10 Auf einem solchen Datenträger lässt sich auch vorteilhaft ein Computerprogrammprodukt anordnen, das direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwareabschnitte umfasst, mit denen dieser digitale Computer die Funktion eines Musik-Abspielers übernimmt, insbesondere eines solchen wie vorangehend beschrieben, mit dem entsprechend den Steuerdaten des zweiten Datenbereichs des Datenträgers, die auf Audiodaten des ersten Datenbereichs des Datenträgers verweisen, ein durch die Steuerdaten repräsentiertes Gesamtwerk abspielbar ist, wenn das Programmprodukt auf einem Computer ausgeführt wird.

15 Dadurch dass der interaktive Musik-Abspieler die Audio-Wiedergabe, die Signal-Analyse und die Signal-Transformation mittels Effekten und Loops vereint, besteht die Möglichkeit erstmalig sowohl eine Echtzeit-Erkennung des Tempos und der Phase eines Audiotracks als auch deren automatische Angleichung zu realisieren. Zusätzlich liefert die Analyse notwendigen Ausgangsdaten für die Steuerung temposynchroner Effekte und Loops.

20 Vorteile sind unter anderem die dadurch geschaffene Möglichkeit der Automatisierung des sog. Beatmatchings, einer nicht leicht erlernbare Grundvoraussetzung des DJ-Mixens, die bei jedem Übergang zweier Musikstücke einen erheblichen Teil der Aufmerksamkeit des DJ's in Anspruch nimmt. Weiterhin besteht die Möglichkeit den gesamten Mix-Vorgang zu automatisieren.

Weitere Vorteile und Details der Erfindung ergeben sich anhand der folgenden Beschreibung vorteilhafter Ausführungsbeispiele und in Verbindung mit den Figuren. Es zeigt in Prinzipdarstellung:

- 25 FIG 1 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung der Gewinnung rhythmusrelevanter Informationen und deren Auswertung zur näherungsweisen Ermittlung von Tempo und Phase eines Musikdatenstroms,
- FIG 2 ein weiteres Blockschaltbild zur sukzessiven Korrektur von ermitteltem Tempo und Phase,
- FIG 3 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung der Struktur zum parallelen Auslesen eines CD-ROM-Laufwerks gemäß der Erfindung,
- 30 FIG 4 ein Blockschaltbild eines interaktiven Musik-Abspielers gemäß der Erfindung mit Eingriffsmöglichkeit in eine aktuelle Abspielposition,
- FIG 5 ein Blockschaltbild einer zusätzlichen Signalverarbeitungskette zur Realisierung eines Scratch-Audio-Filters gemäß der Erfindung und
- FIG 6 einen Datenträger, der Audiodaten und Steuerdateien zur Reproduktion von aus den Audiodaten  
35 gemäß der Erfindung erstellten Gesamtwerken vereint.

Im folgenden soll eine mögliche Realisierung der näherungsweisen Tempo- und Phasenerkennung sowie Tempo- und Phasenanpassung gemäß der Erfindung dargestellt werden.

Erster Schritt der Prozedur ist eine erste, näherungsweise Ermittlung des Tempos des Musikstückes. Dies erfolgt durch eine statistische Auswertung der zeitlichen Abstände der sog. Beat-Ereignisse. Eine Möglichkeit zur Gewinnung rhythmusrelevanter Ereignisse aus dem Audiomaterial erfolgt durch schmale Bandpassfilterung des Audiosignals in verschiedenen Frequenzbereichen. Um das Tempo in Echtzeit zu ermitteln, werden für die folgenden Berechnungen jeweils nur die Beatereignisse der letzten Sekunden verwendet. Dabei entsprechen 8 bis 16 Ereignisse in etwa 4 bis 8 Sekunden.

Aufgrund der quantisierten Struktur von Musik (16tel Noten Raster) können nicht nur Viertelnoten Beat-Intervalle zur Tempoberechnung herangezogen werden. Auch andere Intervalle (16tel, 8tel,  $\frac{1}{2}$  und ganze Noten) können durch Oktavierung (z.B. durch Multiplizieren ihrer Frequenz mit 2er Potenzen) in eine vordefinierte Frequenz-Oktave (z.B. 80 – 160 bpm, Englisch für Beats per minute) transformiert werden und somit temporelevante Informationen liefern. Fehlerhafte Oktavierungen (z.B. von Triolen-Intervallen) fallen später wegen ihrer verhältnismäßigen Seltenheit bei der statistischen Auswertung nicht ins Gewicht.

Um auch Triolen, bzw. geschuffelte Rhythmen (einzelne leicht aus dem 16tel Raster versetzte Noten) zu erfassen, werden die im ersten Punkt gewonnenen Zeitintervalle zusätzlich noch in Paaren und Dreiergruppen durch Addition ihrer Zeitwerte gruppiert bevor sie oktaviert werden. Durch dieses Verfahren wird die rhythmische Struktur zwischen den Takten aus den Zeitintervallen herausgerechnet.

Die so gewonnene Menge an Daten wird auf Häufungspunkte untersucht. Es entstehen dabei in der Regel drei Häufungsmaxima bedingt durch die Oktavierungs- und Gruppierungsverfahren, deren Wert in rationalen Verhältnis ( $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{4}{5}$  oder  $\frac{3}{2}$ ) zueinander stehen. Sollte aus der Stärke eines der Maxima nicht deutlich genug hervorgehen, das dieses das tatsächliche Tempo des Musikstückes angibt, lässt sich das korrekte Maximum aus dem rationalen Verhältnissen der Maxima untereinander ermitteln.

Zur näherungsweisen Ermittlung der Phase wird ein Referenz-Oszillator verwendet. Dieser schwingt mit dem zuvor ermittelten Tempo. Seine Phase wird vorteilhaft so gewählt, dass sich die beste Übereinstimmung zwischen Beat-Ereignisse des Audiomaterials und Nulldurchgängen des Oszillators ergibt.

Anschließend erfolgt eine sukzessive Verbesserung der Tempo- und Phasenermittlung. Durch die natürliche Unzulänglichkeit der ersten näherungsweisen Tempoermittlung wird sich zunächst nach einigen Sekunden die Phase des Referenz-Oszillators relativ zum Audiotrack verschieben. Diese systematische Phasenverschiebung gibt Auskunft darüber, um welche Menge das Tempo des Referenz-Oszillators verändert werden muss. Eine Korrektur des Tempos und der Phase erfolgt vorteilhaft in regelmäßigen Abständen, um unterhalb der Hörbarkeitsgrenze der Verschiebungen und der Korrekturbewegungen zu bleiben.

Sämtliche Phasenkorrekturen, die ab der näherungsweisen Phasenkorrelation erfolgt sind, werden über die Zeit akkumuliert, so dass die Berechnung des Tempos und der Phase auf einem ständig wachsenden Zeitintervall basiert. Dadurch werden die Tempo- und Phasen-Werte zunehmend präziser und verlieren den eingangs erwähnten Makel der näherungsweisen Echtzeitmessung. Nach kurzer Zeit (ca. 1 min) sinkt der Fehler des mit diesem Verfah-

ren ermittelten Tempo-Wertes unterhalb 0.1%, ein Maß an Genauigkeit, das Voraussetzung für die Berechnung von Loop-Längen ist.

Die Darstellung gemäß FIG 1 zeigt eine mögliche technische Realisierung der beschriebenen näherungsweisen Tempo- und Phasenerkennung eines Musikdatenstroms in Echtzeit anhand eines Blockschaltbildes. Die gezeigte

5 Struktur kann auch als 'Beat Detector' bezeichnet werden.

Als Input liegen zwei Ströme von Audio-Events bzw. Audio-Ereignissen  $E_i$  mit Wert 1 vor, welche den Peaks in den Frequenzbändern F1 bei 150 Hz und F2 bei 4000Hz oder 9000 Hz entsprechen. Diese beiden Eventströme werden vorerst getrennt behandelt, indem diese durch jeweilige Bandpassfilter mit jeweiliger Grenzfrequenz F1 und F2 gefiltert werden.

10 Folgt ein Event innerhalb von 50 ms dem vorhergehenden, wird das zweite Event nicht berücksichtigt. Eine Zeit von 50 ms entspricht der Dauer eines 16tels bei 300 bpm, liegt also weit unter der Dauer des kürzesten Intervalls, in dem die Musikstücke üblicherweise angesiedelt sind.

Aus dem Strom der gefilterten Events  $E_i$  wird nun in jeweiligen Verarbeitungseinheiten BD1 und BD2 ein Strom aus den einfachen Zeitintervallen  $T_i$  zwischen den Events gebildet.

15 Aus dem Strom der einfachen Zeitintervalle  $T_{1i}$  werden in gleichen Verarbeitungseinheiten BPM\_C1 und BPM\_C2 jeweils zusätzlich zwei weitere Ströme der bandbegrenzten Zeitintervalle gebildet, nämlich mit Zeitintervallen  $T_{2i}$ , den Summen von jeweils zwei aufeinanderfolgenden Zeitintervallen, und mit Zeitintervallen  $T_{3i}$ , den Summen von jeweils drei aufeinanderfolgenden Zeitintervallen. Die dazu herangezogenen Events dürfen sich auch überlappen.

Dadurch werden aus dem Strom:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, \dots$  zusätzlich folgende zwei Ströme erzeugt:

20  $T_{2i}: (t_1+t_2), (t_2+t_3), (t_3+t_4), (t_4+t_5), (t_5+t_6), \dots$  und

$T_{3i}: (t_1+t_2+t_3), (t_2+t_3+t_4), (t_3+t_4+t_5), (t_4+t_5+t_6), \dots$

Die drei Ströme  $T_{1i}, T_{2i}, T_{3i}$ , werden nun zeit-oktaviert in entsprechenden Verarbeitungseinheiten OKT. Die Zeit-Oktavierung OKT erfolgt derart, dass die einzelnen Zeitintervalle jedes Stroms so oft verdoppelt werden, bis sie in einem vorgegebenen Intervall BPM\_REF liegen. Auf diese Weise erhält man drei Datenströme  $T_{1i0}, T_{2i0}, T_{3i0}, \dots$  Die

25 obere Grenze des Intervalls berechnet sich aus der unteren bpm-Grenze nach der Formel:

$$t_{hi} [ms] = 60000 / bpm_{low}.$$

Die untere Grenze des Intervalls liegt bei  $0.5 \cdot t_{hi}$ .

Jeder der so erhaltenen drei Ströme wird nun für beide Frequenzbänder F1, F2 in jeweiligen weiteren Verarbeitungseinheiten CHK auf seine Konsistenz überprüft. Damit wird ermittelt, ob jeweils eine gewisse Anzahl aufeinanderfolgender, zeit-oktavierter Intervallwerte innerhalb einer vorgegebenen Fehlergrenze liegen. Dazu überprüft man beispielsweise im einzelnen mit folgenden Werten:

30 Für  $T_{1i}$  überprüft man dessen letzte 4 Events  $t_{110}, t_{120}, t_{130}, t_{140}$  daraufhin, ob gilt:

$$a) \quad (t_{110} - t_{120})^2 + (t_{110} - t_{130})^2 + (t_{110} - t_{140})^2 < 20$$

Ist dies der Fall, wird der Wert  $t_{110}$  als gültiges Zeitintervall ausgegeben.

Für  $T_{21}$  überprüft man dessen letzte 4 Events  $t_{210}$ ,  $t_{220}$ ,  $t_{230}$ ,  $t_{240}$  daraufhin, ob gilt:

$$b) \quad (t_{210} - t_{220})^2 + (t_{210} - t_{230})^2 + (t_{210} - t_{240})^2 < 20$$

Ist dies der Fall, wird der Wert  $t_{110}$  als gültiges Zeitintervall ausgegeben.

- 5 Für  $T_{31}$  überprüft man dessen letzte 3 Events  $t_{310}$ ,  $t_{320}$ ,  $t_{330}$ , daraufhin, ob gilt:

$$c) \quad (t_{310} - t_{320})^2 + (t_{310} - t_{330})^2 < 20$$

Ist dies der Fall, wird der Wert  $t_{310}$  als gültiges Zeitintervall ausgegeben.

- 10 Hierbei hat die Konsistenzprüfung a) Vorrang vor b) und b) hat Vorrang vor c). Wird also bei a) ein Wert ausgegeben, werden b) und c) nicht mehr untersucht. Wird bei a) kein Wert ausgegeben, so wird b) untersucht, usw. Wird hingegen weder bei a) noch bei b) noch bei c) ein konsistenter Wert gefunden, so wird die Summe der letzten 4 nicht oktavierten Einzelintervalle  $(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$  ausgegeben.

Der so aus den drei Strömen ermittelte Wertestrom konsistenter Zeitintervalle wird wiederum in einer nachgeschalteten Verarbeitungseinheit OKT in das vorgegebene Zeit-Intervall BPM\_REF oktaviert. Anschließend wird das oktavierte Zeit-Intervall in einen BPM Wert umgerechnet.

- 15 Als Resultat liegen jetzt zwei Ströme BPM1 und BPM2 von bpm-Werten vor - einer für jeden der beiden Frequenzbereiche F1 und F2. In einem Prototyp werden diese Ströme mit einer festen Frequenz von 5 Hz abgefragt und die jeweils letzten acht Events aus beiden Strömen für die statistische Auswertung herangezogen. Man kann an dieser Stelle jedoch durchaus auch eine variable (eventgesteuerte) Abtastrate verwenden und man kann auch mehr als nur die letzten 8 Events verwenden, beispielsweise 16 oder 32 Events.

- 20 Diese letzten 8, 16 oder 32 Events aus jedem Frequenzband F1, F2 werden zusammengeführt und in einer nachgeschalteten Verarbeitungseinheit STAT auf Häufungsmaxima N betrachtet. In der Prototyp-Version wird ein Fehlerintervall von 1,5 bpm verwendet, d.h. solange Events weniger als 1,5 bpm voneinander differieren, werden sie als zusammengehörig betrachtet und addieren sich in der Gewichtung. Die Verarbeitungseinheit STAT ermittelt hierbei, bei welchen BPM-Werten Häufungen auftreten und wie viele Events den jeweiligen Häufungspunkten zuzuordnen sind. Der am stärksten gewichtete Häufungspunkt kann als die lokale BPM-Messung gelten und liefert den gewünschten Tempowert A.
- 25

- 30 In einer ersten Weiterbildung dieses Verfahrens erfolgt zusätzlich zu der lokalen BPM-Messung eine globale Messung, indem man die Zahl, der verwendeten Events auf 64, 128 etc. ausweitet. Bei alternierenden Rhythmus-Patterns, in welchen nur jeden 4. Takt das Tempo klar durchkommt, kann häufig eine Eventzahl von mindestens 128 nötig sein. Solch eine Messung ist zuverlässiger, benötigt jedoch auch mehr Zeit.

Eine weitere entscheidende Verbesserung kann durch folgende Maßnahme erzielt werden:

In Betracht gezogen wird nicht nur das erste Häufungsmaximum, sondern auch das zweite. Dieses zweite Maximum entsteht fast immer durch vorhandene Triolen und kann sogar stärker als das erste Maximum sein. Das Tempo der Triolen hat jedoch ein klar definiertes Verhältnis zum Tempo der Viertel Noten, so dass sich aus dem Verhältnis der

Tempi der beiden ersten Maxima ermitteln lässt, welches Häufungsmaximum den Vierteln und welches den Triolen zuzuordnen ist.

Nimmt man T1 als das Tempo des ersten Maximums in bpm und T2 als das des zweiten Maximums an, so gelten folgende Regeln:

- 5    Wenn  $T2 = 2/3 * T1$ ,      dann ist T2 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 4/3 * T1$ ,      dann ist T2 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 2/5 * T1$ ,      dann ist T2 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 4/5 * T1$ ,      dann ist T2 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 3/2 * T1$ ,      dann ist T1 das Tempo.
- 10   Wenn  $T2 = 3/4 * T1$ ,      dann ist T1 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 5/2 * T1$ ,      dann ist T1 das Tempo.
- Wenn  $T2 = 5/4 * T1$ ,      dann ist T1 das Tempo.

- 15   Ein näherungsweise Phasenwert P wird anhand einer der beiden gefilterten einfachen Zeitintervalle  $T_i$  zwischen den Events ermittelt, vorzugsweise anhand derjenigen Werte, die mit der niedrigeren Frequenz F1 gefiltert sind. Diese dienen zur groben Bestimmung der Frequenz des Referenz-Oszillators.

Die Darstellung nach FIG 2 zeigt ein mögliches Blockschaltbild zur sukzessiven Korrektur von ermitteltem Tempo A und Phase P, im folgenden als 'CLOCK CONTROL' bezeichnet.

- 20 ... Zunächst wird der Referenz-Oszillator bzw. die Referenz-Clock MCLK in einem ersten Schritt 1 mit den groben Phasenwerten P und Tempowerten A aus der Beat-Detection gestartet, was quasi einem Reset des in FIG 2 gezeigten Regelkreises gleichkommt. Anschließend werden in einem weiteren Schritt 2 die Zeitintervalle zwischen Beat-Events des eingehenden Audiosignals und der Referenz-Clock MCLK ermittelt. Dazu werden die näherungsweise Phasenwerte P mit einem Referenzsignal CLICK, welches die Frequenz des Referenz-Oszillators MCLK aufweist, in einem Komparator V verglichen.

- 25   Bei systematischem Überschreiten (+) einer „kritischen“ Abweichung bei mehreren aufeinanderfolgenden Ereignissen mit einem Wert von beispielsweise über 30ms wird in einem weiteren Verarbeitungsschritt 3 die Referenz-Clock MCLK durch eine kurzzeitige Tempoänderung

$$A(i+1) = A(i) + q \quad \text{oder}$$

$$A(i+1) = A(i) - q$$

- 30   entgegen der Abweichung (wieder) an das Audio-Signal angepasst, wobei q die verwendete Absenkung oder Anhebung des Tempos darstellt. Andernfalls (-) wird das Tempo konstant gehalten.

Im weiteren Verlauf erfolgt in einem weiteren Schritt 4 eine Summierung aller Korrektur-Ereignisse aus Schritt 3 und der seit dem letzten „Reset“ verstrichenen Zeit in eigenen Speichern (nicht gezeigt). Bei ungefähr jedem 5. bis 10. Ereignis einer annähernd akkuraten Synchronisierung (Differenz zwischen den Audiodaten und der Referenz-Clock

MCLK etwa unterhalb 5 ms) wird der Tempo-Wert auf der Basis des bisherigen Tempo-Wertes, der bis dahin akkumulierten Korrektur-Ereignisse und der seit dem verstrichenen Zeit in einem weiteren Schritt 5 wie folgt neu errechnet.

Mit

- 5 - q als der in Schritt 3 verwendeten Absenkung oder Anhebung des Tempos (beispielsweise um den Wert 0.1),
  - dt als der Summe der Zeit, für welche das Tempo insgesamt abgesenkt oder angehoben wurde (Anhebung positiv, Absenkung negativ),
  - T als dem seit dem letzten Reset (Schritt 1) verstrichenen Zeitintervall, und
  - bpm als dem in Schritt 1 verwendeten Tempowert A
- 10 errechnet sich das neue, verbesserte Tempo nach folgender einfachen Formel:

$$\text{bpm\_neu} = \text{bpm} * (1 + (q * dt) / T)$$

- Weiter wird geprüft, ob die Korrekturen in Schritt 3 über einen gewissen Zeitraum hinweg immer jeweils negativ oder positiv sind. In solch einem Fall liegt wahrscheinlich eine Tempo-Änderung im Audiomaterial vor, die mit obigem Verfahren nicht korrigiert werden kann. Dieser Status wird erkannt und bei Erreichen des nächsten annähernd perfekten Synchronisations-Ereignisses (Schritt 5) werden der Zeit- und der Korrekturspeicher in einem Schritt 6 gelöscht, um den Ausgangspunkt in Phase und Tempo neu zu setzen. Nach diesem „Reset“ beginnt die Prozedur ..
- 15 erneut mit einem Aufsetzen auf Schritt 2 das Tempo zu optimieren.

- Eine Synchronisierung eines zweiten Musikstückes erfolgt nun durch Anpassung von dessen Tempo und Phase. Die Anpassung des zweiten Musikstückes erfolgt indirekt über den Referenz-Oszillator. Nach der oben beschriebenen
- 20 näherungsweisen Tempo- und Phasenermittlung des Musikstückes werden diese Werte sukzessive nach obigem Verfahren an den Referenz-Oszillator angepasst, nur wird diesmal die Abspielphase und die Abspielgeschwindigkeit des Tracks selbst verändert. Das originale Tempo des Tracks lässt sich rückwärts leicht aus der notwendigen Veränderung seiner Abspielgeschwindigkeit gegenüber der Original-Abspielgeschwindigkeit errechnen.

- Im folgenden soll nun auf die bereits weiter vome beschriebene Möglichkeit zum gleichzeitigen Abspielen von mehreren Musikstücken auf einem Standard-CD-ROM-Laufwerk oder einer anderen Datenquelle mit nur einer Leseeinheit eingegangen werden. Damit schafft die vorliegende Erfindung die Möglichkeit einer zur Synchronisierung eines zweiten Musikstückes erforderlichen Bereitstellung zweier oder mehrerer Musikstücke mit einer solchen Einheit in Echtzeit.
- 25

- Stand der Technik ist das Abspielen eines Audio Titels von CD-ROM mittels eines Computers (sogenanntes "graben"), vergleichbar dem Abspielen eines Stückes auf einem herkömmlichen CD-Player.
- 30

CD-ROM Laufwerke haben, genauso wie Audio-CD-Player, nur eine Leseeinheit, können also zu einem gegebenen Zeitpunkt auch nur an einer Stelle die Audio-Daten auslesen.

- Zur Lösung wird ein von der Audioausgabe entkoppelter paralleler Faden (Thread) als sogenannter Scheduler erzeugt, der im Hintergrund die Anfragen der abzuspielenden Musikstücke entgegennimmt und die benötigten Audio-
- 35 Daten nachlädt.

- Unter Multithreading versteht man dabei die Bezeichnung für die Fähigkeit einer Software, bestimmte Funktionen einer Anwendung simultan ausführen zu können. Es laufen also nicht mehrere Programme parallel auf einem digitalen Computer (Multitasking), sondern innerhalb eines Programms werden verschiedene Funktionen aus Sicht des Anwenders gleichzeitig ausgeführt. Ein Thread stellt dabei die kleinste Einheit von ausführbarem Programmcode dar, dem ein Teil des Betriebssystems (der Thread Scheduler) entsprechend einer bestimmten Priorität Rechenzeit zu-  
teilt. Die Koordinierung der einzelnen Threads erfolgt durch Synchronisationsmechanismen, sog. Locks, die für die Zusammenführung der einzelnen Threads sorgen. Die Leseinheit, hier der Laser des CD-ROM-Laufwerkes, wird im Multiplex-Modus betrieben, um mittels Pufferspeicherstrategien und einer höheren Leserate die benötigten Daten in Echtzeit zur Verfügung stellen zu können.
- Die wesentliche technische Hürde, die dabei überwunden werden muss ist, dass CD-ROM-Laufwerke, genauso wie Audio-CD-Player, nur über eine Leseinheit verfügen. Zu einem bestimmten Zeitpunkt können also nur die Daten für einen Track geliefert werden.
- Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass für jeden abzuspielenden Track ein ausreichend dimensionierter Puffer eingeführt wird und die höhere Lesegeschwindigkeit des CD-ROM-Laufwerkes dazu benutzt wird, die benötigten Daten für die Puffer auszulesen. Diese Maßnahme fügt sich nahtlos in die Umgebung des beschriebenen Musik-Abspielers ein. Für den Anwender ist das Abspielen von CD-Tracks transparent, erfolgt also genauso, als ob die Daten in einem digitalen Format auf einer Computer-Festplatte vorliegen würden. Durch das digitale Auslesen der CD ist es möglich, die Audio-Daten durch Signalverarbeitungsmittel wie Filter oder Audioeffekte zu schicken. Dies ermöglicht unter anderem das Rückwärtsabspielen, Pitchen (Geschwindigkeits- und Tonhöhenänderung), Beatdetec-  
tion und Filtering von normalen Audio-CDs.
- Die Darstellung nach FIG 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Struktur zum parallelen Auslesen eines CD-ROM-Laufwerks gemäß der Erfindung. Der wesentliche Schritt besteht in der Einführung eines Puffers P1...Pn (vorzugsweise eines Ringpuffers) für jeden abzuspielenden Audio-Track TR1...TRn. Hier werden die Audio-Daten so zwischengepuffert, dass ausgehend vom jeweiligen Datenanfang S1...Sn im Fall von Ringpuffern zeitlich jeweils vor und nach der jeweiligen aktuellen Abspielposition A1...An noch Daten bereit stehen. Ein Überwachungsmechanismus hält diese Invariante immer ein, indem der Zustand des jeweiligen Puffers P1...Pn dahingehend überprüft wird, wie viele Daten noch vorhanden sind. Wird ein Schwellwert unterschritten (z.B. stehen nach der aktuellen Abspielposition weniger als n Sekunden Audio-Daten zur Verfügung), so wird eine Anfrage an eine zentrale Instanz S gestellt, neue Audio-Daten nachzuladen.
- Diese zentrale Instanz, im weiteren auch als Scheduler S bezeichnet, läuft entkoppelt vom eigentlichen Abspielen der Audiotracks TR1...TRn in einem eigenen Thread und bringt die von verschiedenen Tracks unter Umständen parallel eintreffenden Anfragen in eine sequentiell abzuarbeitende Reihenfolge. Der Scheduler S schickt nun seinerseits die Anfragen nach einem Ausschnitt eines Tracks an das CD-ROM-Laufwerk CD-ROM. Dieses liest die angeforderten Sektoren von einem Datenträger mit den entsprechenden digitalen Audiodaten aus. Der Scheduler S füllt dann den entsprechenden Puffer P...Pn mit diesen erhaltenen Daten auf, wobei nicht mehr benötigte Daten überschrieben werden.



Zum Abspielen von vorproduzierter Musik werden herkömmlicherweise verschiedenartige Geräte für verschiedene Speichermedien wie Schallplatte, Kompakt Disk oder Cassette verwendet. Diese Formate wurden nicht dafür entwickelt, in den Abspielprozess einzugreifen, um die Musik damit auf kreative Art zu bearbeiten. Diese Möglichkeit ist aber wünschenswert, und wird heutzutage trotz der gegebenen Einschränkungen von den genannten DJ's praktiziert. Dabei werden bevorzugt Vinyl-Schallplatten verwendet, weil man dort am leichtesten mit der Hand die Abspielgeschwindigkeit und -position beeinflussen kann.

Heute werden aber überwiegend digitale Formate wie Audio CD und MP3 zum Speichern von Musik verwendet. Bei MP3 handelt es sich um ein Kompressionsverfahren für digitale Audiodaten nach dem MPEG-Standard (MPEG 1 Layer 3). Das Verfahren ist asymmetrisch, d.h. die Codierung ist sehr viel aufwendiger als die Decodierung. Ferner handelt es sich um ein verlustbehaftetes Verfahren. Die vorliegende Erfindung ermöglicht nun den genannten kreativen Umgang mit Musik auf beliebigen digitalen Formaten durch einen geeigneten interaktiven Musik-Abspieler, der von den durch die vorangehend dargestellten erfindungsgemäßen Maßnahmen geschaffenen neuen Möglichkeiten Gebrauch macht.

Um gezielt Eingreifen zu können, ist es wichtig, eine grafische Repräsentation der Musik zu haben, in der man die aktuelle Abspielposition erkennt und auch einen gewissen Zeitraum in der Zukunft und in der Vergangenheit erkennt. Dazu stellt man üblicherweise die Amplitudenhüllkurve der Klangwellenform über einen Zeitraum von mehreren Sekunden vor und nach der Abspielposition dar. Die Darstellung verschiebt sich in Echtzeit in der Geschwindigkeit, in der die Musik spielt.

Prinzipiell möchte man möglichst viel hilfreiche Information in der grafischen Darstellung haben, um gezielt eingreifen zu können. Außerdem möchte man möglichst ergonomisch in den Abspielvorgang eingreifen können, auf vergleichbare Art zum sogenannten "Scratching" auf Vinylplattenspielern, worunter man das Anhalten und vorwärts oder rückwärts Bewegen des Plattentellers während der Wiedergabe versteht.

Bei dem durch die Erfindung geschaffenen interaktiven Musik-Abspieler können nun musikalisch relevante Zeitpunkte, insbesondere die Taktschläge, mit der vorangehend (FIG 1 und FIG 2) erläuterten Takterkennungsfunktion aus dem Audiosignal extrahiert und als Markierungen in der grafischen Darstellung angezeigt werden, z.B. auf einem Display oder auf einem Bildschirm eines digitalen Computers, auf dem der Musik-Abspieler durch eine geeignete Programmierung realisiert ist.

Weiter ist ein Hardware-Steuerelement R1 vorgesehen, z.B. ein Knopf, insbesondere der Mausknopf, mit dem man zwischen zwei Betriebsarten umschaltet:

- a) Musik läuft frei, mit konstantem Tempo,
- b) Abspielposition und -geschwindigkeit wird vom Anwender direkt beeinflusst.

Der Modus a) entspricht einer Vinylplatte, die man nicht anfasst und deren Geschwindigkeit gleich der des Plattentellers ist. Der Modus b) hingegen entspricht einer Vinylplatte, die man mit der Hand anhält und hin- und herschiebt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform eines interaktiven Musik-Abspielers wird die Abspielgeschwindigkeit in Modus a) weiter beeinflusst durch die automatische Steuerung zur Synchronisierung des Takts der abgespielten Musik zu

einem anderen Takt (vgl. FIG 1 und FIG 2). Der andere Takt kann synthetisch erzeugt oder von einer anderen gleichzeitig spielenden Musik gegeben sein.

Außerdem ist ein weiteres Hardware-Steuerelement R2 vorgesehen, mit dem man im Betriebsmodus b) quasi die Plattenposition bestimmt. Dies kann ein kontinuierlicher Regler, oder auch die Computermaus sein.

- 5 Die Darstellung nach FIG 4 zeigt ein Blockschaltbild einer solchen Anordnung mit den im folgenden erläuterten Signalverarbeitungsmitteln, mit denen ein interaktiver Musik-Abspieler gemäß der Erfindung mit Eingriffsmöglichkeit in eine aktuelle Abspielposition geschaffen wird.

Die mit diesem weiteren Steuerelement R2 vorgegebenen Positionsdaten haben üblicherweise eine begrenzte zeitliche Auflösung, d.h. es wird nur in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen eine Nachricht geschickt, die die  
10 aktuelle Position übermittelt. Die Abspielposition des gespeicherten Audiosignals soll sich aber gleichmäßig ändern, mit einer zeitlichen Auflösung, die der Audio-Abtastrate entspricht. Deshalb verwendet die Erfindung an dieser Stelle eine Glättungsfunktion, die aus dem mit dem Steuerelement R2 vorgegebenen stufigen Signal ein hochaufgelöstes, gleichmäßig sich änderndes Signal erzeugt.

Eine Methode hierzu besteht darin, mit jeder vorgegebenen Positionsnachricht eine Rampe mit konstanter Steigung  
15 auszulösen, die in einer vorgegebenen Zeit das geglättete Signal von seinem alten Wert auf den Wert der Positionsnachricht fährt. Eine weitere Möglichkeit ist, die stufige Wellenform in einen linearen digitalen Tiefpaß-Filter LP zu schicken, dessen Ausgang das gewünschte geglättete Signal darstellt. Dafür eignet sich besonders ein 2-Pol Resonanzfilter. Eine Kombination (Reihenschaltung) der beiden Glättungen ist auch möglich und vorteilhaft und ermöglicht folgende vorteilhafte Signalverarbeitungskette:

20 vorgegebenes Stufensignal -> Rampenglättung -> Tiefpassfilter -> exakte Abspielposition  
oder

vorgegebenes Stufensignal -> Tiefpassfilter -> Rampenglättung -> exakte Abspielposition

Das Blockschaltbild nach FIG 4 veranschaulicht die an einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel in Form einer Prinzipskizze. Das Steuerelement R1 (hier ein Taster) dient zum Wechsel der Betriebsmodi a) und b), indem dieser einen Schalter SW1 triggert. Der Regler R2 (hier ein kontinuierlicher Schieberegler) liefert die Positionsinformation mit  
25 zeitlich begrenzter Auflösung. Diese dient einem Tiefpaß-Filter LP zur Glättung als Eingangssignal. Das geglättete Positionssignal wird nun differenziert (DIFF) und liefert die Abspielgeschwindigkeit. Der Schalter SW1 wird mit diesem Signal an einem ersten Eingang IN1 angesteuert (Modus b). Der andere Eingang IN2 wird mit dem Tempowert A, der wie in FIG 1 und FIG 2 beschrieben ermittelt werden kann, beaufschlagt (Modus a). Über das Steuerelement  
30 R1 erfolgt der Wechsel zwischen den Eingangssignalen.

Wenn man vom einen in den anderen Modus wechselt (entspricht dem Festhalten und Loslassen des Plattentellers), darf die Position nicht springen. Aus diesem Grund übernimmt der vorgeschlagene interaktive Musik-Abspieler die im vorhergehenden Modus erreichte Position als Ausgangsposition im neuen Modus. Ebenso soll die Abspielgeschwindigkeit (1. Ableitung der Position) sich nicht Sprunghaft ändern. Deswegen übernimmt man auch die aktuelle Ge-  
35 schwindigkeit und führt sie durch eine Glättungsfunktion, wie oben beschrieben, zu der Geschwindigkeit, die dem

neuen Modus entspricht. Nach FIG 4 erfolgt dies durch einen Slew Limiter SL, der eine Rampe mit konstanter Steigung auslöst, die in einer vorgegebenen Zeit das Signal von seinem alten Wert auf den neuen Wert fährt. Dieses positions- bzw. geschwindigkeitsabhängige Signal steuert dann die eigentliche Abspielereinheit PLAY zur Wiedergabe des Audiotracks an, indem es die Abspielgeschwindigkeit beeinflusst.

- 5 Beim "Scratching" mit Vinyl-Platten, also dem Abspielen mit sich stark und schnell ändernder Geschwindigkeit, ändert sich die Tonwellenform auf charakteristische Art, aufgrund der Eigenheiten des Aufzeichnungsverfahrens, das standardmäßig für Schallplatten verwendet wird. Beim Erstellen des Press-Masters für die Schallplatte im Aufnahmestudio durchläuft das Tonsignal ein Pre-Emphase-Filter (Vorverzerrungs-Filter) nach RIAA-Norm, der die Höhen anhebt (sogenannte „Schneidekennlinie“). In jeder Anlage, die zum Abspielen von Schallplatten verwendet wird,  
10 befindet sich ein entsprechendes De-Emphase-Filter (Rückentzerrungs-Filter), das die Wirkung umkehrt, so dass man näherungsweise das ursprüngliche Signal erhält.

Wenn nun aber die Abspielgeschwindigkeit nicht mehr dieselbe ist, wie bei der Aufnahme, was u.a. beim "Scratching" auftritt, so werden alle Frequenzanteile des Signals auf der Schallplatte entsprechend verschoben und deswegen vom De-Emphase-Filter unterschiedlich bedämpft. Dadurch ergibt sich ein charakteristischer Klang.

- 15 Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen interaktiven Musik-Abspielers nach der Erfindung mit einem Aufbau entsprechend FIG 4 ist ein Scratch-Audio-Filter zur Simulation des beschriebenen charakteristischen Effekts vorgesehen. Dazu wird, insbesondere für eine digitale Simulation dieses Vorgangs, das Audiosignal innerhalb der Abspielereinheit PLAY aus FIG 4 einer weiteren Signalverarbeitung unterzogen, wie diese in FIG 5 dargestellt ist. Dazu wird das Audiosignal, nachdem die digitalen Audiodaten des wiederzugebenden Musikstücks von einem Medium D bzw. Tonträger (z.B. CD oder MP3) gelesen und (vor allem im Fall des MP3-Formats)  
20 dekodiert wurde, einer entsprechenden Pre-Emphase-Filterung PEF unterzogen. Das so vorgefilterte Signal wird dann in einem Pufferspeicher B abgelegt, aus dem es in einer weiteren Verarbeitungseinheit R je nach Betriebsmodus a) oder b), wie in FIG 4 beschrieben, entsprechend dem Ausgangssignal von SL mit variierender Geschwindigkeit ausgelesen wird. Das ausgelesene Signal wird dann mit einem De-Emphase-Filter DEF behandelt und  
25 dann wiedergegeben (AUDIO\_OUT).

- Für das Pre- und De-Emphase Filter PEF und DEF, die den gleichen Frequenzgang wie in der RIAA-Norm festgelegt haben sollten, verwendet man günstigerweise jeweils ein digitales IIR-Filter 2.Ordnung, d.h. mit zwei günstig gewählten Polstellen und zwei günstig gewählten Nullstellen. Wenn die Polstellen des einen Filters gleich den Nullstellen des anderen Filters sind, heben sich, wie gewünscht, die beiden Filter in ihrer Wirkung genau auf, wenn das Audiosignal mit Originalgeschwindigkeit abgespielt wird. In allen anderen Fällen erzeugen die genannten Filter den charakteristischen Toneffekt beim "Scratching". Selbstverständlich kann das beschriebene Scratch-Audio-Filter auch im  
30 Zusammenhang mit beliebigen anderen Arten von Musik-Abspielgeräten mit „Scratching“-Funktion eingesetzt werden.

- In Kombination mit dem vorgeschlagenen CD-Grabbing-Verfahren ergibt sich unter anderem auch die vorteilhafte  
35 Möglichkeit, ein und denselben Titel zweimal in den interaktiven Musik-Abspieler zu laden und über das Automix-Verfahren mit sich selbst zu mischen bzw. zu „remixen“ oder als Ein-Song-Dauer-Mix laufen zu lassen, ohne jemals aus dem Takt zu kommen. Sehr kurze Titel können dadurch vom DJ beliebig verlängert werden.

Das Tempo eines Mix kann darüber hinaus über eine gezielte Frequenzänderung an der Master-Clock MCLK (dem Referenz-Oszillator aus FIG 2) allmählich im Verlauf eines mehrstündigen Sets automatisch angehoben oder abgesenkt werden, um gezielte Effekte der Steigerung oder der Beruhigung beim Publikum zu erzeugen.

5 Wie bereits eingangs erwähnt, werden herkömmlicherweise beim Mischen mehrerer Musikstücke die Audioquellen von Tonträgern auf mehreren Abspielgeräten abgespielt und über ein Mischpult abgemischt. Bei dieser Vorgehensweise beschränkt sich eine Audioaufnahme auf eine Aufzeichnung des Endresultats. Eine Reproduktion des Mischvorganges oder ein Aufsetzen zu einem späteren Zeitpunkt exakt an einer vorgebbaren Position innerhalb eines Musikstückes ist damit nicht möglich.

10 Genau dies erreicht nun die vorliegende Erfindung, indem ein Dateiformat für digitale Steuerinformationen vorgeschlagen wird, welches die Möglichkeit bietet, den Vorgang des interaktiven Mischens und eine eventuelle Effektbearbeitung von Audioquellen aufzuzeichnen und akkurat wiederzugeben. Dies ist insbesondere mit einem wie vorangehend beschriebenen Musik-Abspieler möglich.

Die Aufzeichnung gliedert sich in eine Beschreibung der verwendeten Audioquellen und einen zeitlichen Ablauf von Steuerinformationen des Mischvorgangs und zusätzlicher Effektbearbeitung.

15 Es werden nur die Information über den eigentlichen Mischvorgang und über die Ursprungsaudioquellen benötigt, um das Resultat des Mischvorgangs wiederzugeben. Die eigentlichen digitalen Audiodaten werden extern zur Verfügung gestellt. Dies vermeidet urheberrechtlich problematische Kopiervorgänge von geschützten Musikstücken. Es können durch das Abspeichern von digitalen Steuerinformationen somit Mischvorgänge von mehreren Audiostücken im Hinblick auf Abspielpositionen, Synchronisationsinformationen, Echtzeiteingriffe mit Audio-Signal-

20 verarbeitungsmitteln etc. als ein Mix der Audioquellen und deren Effektbearbeitung als neues Gesamtwerk mit vergleichsweise langer Abspieldauer realisiert werden.

Dies bietet den Vorteil, dass die Beschreibung der Bearbeitung der Audioquellen im Vergleich zu den erzeugten Audiodaten des Mischvorgangs gering sind, der Mischvorgang an beliebigen Stellen editiert und wiederaufgesetzt werden kann. Außerdem können vorhandene Audiostücke in verschiedenen Zusammenfassungen oder als längere

25 zusammenhängende Interpretationen wiedergegeben werden.

Mit bisherigen Tonträgern und Musik-Abspielgeräten war es hingegen nicht möglich, die Interaktion eines Anwenders aufzuzeichnen und wiederzugeben, da den bekannten Abspielgeräten die technischen Voraussetzungen fehlen, diese genau genug zu steuern. Dies wird erst durch die vorliegende Erfindung ermöglicht, indem mehrere digitale Audioquellen wiedergegeben und deren Abspielpositionen bestimmt und gesteuert werden können. Dadurch wird es

30 möglich, den gesamten Vorgang digital zu verarbeiten und entsprechende Steuerdaten in einer Datei zu speichern. Diese digitalen Steuerinformationen werden vorzugsweise in einer Auflösung abgelegt, die der Abtastrate der verarbeiteten digitalen Audiodaten entspricht.

Die Aufzeichnung gliedert sich im wesentlichen in 2 Teile:

- eine Liste der verwendeten Audioquellen z.B. digitale Aufgezeichnete Audiodaten in komprimierter und unkomprimierter Form wie z.B. WAV, MPEG, AIFF und digitale Tonträger wie etwa eine Compact Disk und

35

- den zeitlichen Ablauf der Steuerinformation.

Die Liste der Verwendeten Audioquellen enthält u.a.:

- Informationen zur Identifizierung der Audioquelle

5 - zusätzlich berechnete Information, die Charakteristiken der Audioquelle beschreibt (z.B. Abspiellänge und Tempo-  
informationen)

- beschreibende Information zur Herkunft und Urheberinformation der Audioquelle (z.B. Künstler, Album, Verlag etc.)

- Metainformation, z.B. Zusatzinformation die über den Hintergrund der Audioquelle informiert (z.B. Musikgenre,  
Information zum Künstler und Verlag)

Die Steuerinformation speichert u.a.:

10 - die zeitliche Abfolge von Steuerdaten

- die zeitliche Abfolge von exakten Abspielpositionen in der Audioquelle

- Intervalle mit kompletter Zustandsinformation aller Stellglieder, um als Wiederaufsetzpunkte der Wiedergabe zu  
dienen

15 Im Folgenden ist ein mögliches Beispiel der Verwaltung der Liste von Audiostücken in einer Ausprägung des XML  
Formats dargestellt. Dabei steht XML als Abkürzung für Extensible Markup Language. Dies ist eine Bezeichnung für  
eine Metasprache zur Beschreibung von Seiten im WWW (World Wide Web). Dabei ist es im Gegensatz zu HTML  
(Hypertext Markup Language) möglich, dass der Autor eines XML-Dokumentes im Dokument selbst bestimmte Er-  
weiterungen von XML im Document-Type-Definition-Teil des Dokumentes definiert und im gleichen Dokument auch  
nutzt.

20 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>

<MIX VERSION="Versions Beschreibung">

<HEAD PROGRAM="Programmname" COMPANY="Firmenname"/>

<MIX TITLE="Titel des Mixes">

<LOCATION FILE="Kennung der Steuerinformationsdatei" PATH="Speicherort der Steuerinformationsdatei"/>

25 <COMMENT>Kommentare und Bemerkungen zum Mix</COMMENT>

</MIX>

<PLAYLIST>

<ENTRY TITLE="Titel Eintrag 1" ARTIST="Name des Autors" ID="Kennung des Titels">

30 <LOCATION FILE="Kennung der Audioquelle" PATH="Speicherort der Audioquelle" VOLUME="Speichermedium  
der Datei"/>

<ALBUM TITLE="Name des zugehörigen Albums" TRACK="Kennung des Tracks auf Album"/>

- <INFO PLAYTIME="Abspieldauer in Sekunden" GENRE\_ID="Musik Genre-Kennung"/>  
 <TEMPO BPM="Abspieltempo in BPM" BPM\_QUALITY="Güte des Tempowerts aus der Analyse"/>  
 <CUE POINT1="Lage des 1. Markierungspunkts" ... POINTn="Lage des n. Markierungspunkts"/>  
 <FADE TIME="Überblendzeit" MODE="Überblendmodus">
- 5   <COMMENT>Kommentare und Bemerkungen zum Audiostück>  
 <IMAGE FILE="Kennung einer Bilddatei als zusätzliche Kommentarmöglichkeit"/>  
 <REFERENCE URL="Kennung für weiterführende Informationen zur Audioquelle"/>  
 </COMMENT>  
 </ENTRY>
- 10   <ENTRY ...>  
 </ENTRY>  
 </PLAYLIST>  
 </MJL>
- 15   Die Steuerinformationsdaten, referenziert durch die Liste von Audiostücken, werden vorzugsweise im Binärformat gespeichert. Der prinzipielle Aufbau der abgespeicherten Steuerinformationen in einer Datei lässt sich beispielhaft wie folgt beschreiben:
- [Anzahl der Steuerblöcke N]  
     Für [Anzahl der Steuerblöcke N] wird wiederholt {  
         [Zeitdifferenz seit letztem Steuerblock in Millisekunden]  
         [Anzahl der Steuerpunkte M]  
         Für [Anzahl der Steuerpunkte M] wird wiederholt {  
             [Kennung des Controllers]  
             [Controller Kanal]  
             [Neuer Wert des Controllers]  
         }  
     }  
     }
- 25   }
- 30   Mit [Kennung des Controllers] ist ein Wert bezeichnet, der ein Steuerglied (z.B. Lautstärke, Geschwindigkeit, Position) des interaktiven Musik-Abspielers identifiziert. Solchen Steuergliedern können mehrere Unterkanäle [Controller Kanal], z.B. Nummer des Abspielmoduls, zugeordnet sein. Ein eindeutiger Steuerpunkt M wird durch [Kennung des Controllers], [Controller Kanal] adressiert.

Als Resultat entsteht eine digitale Aufzeichnung des Mischvorgangs, der gespeichert, nicht-destruktiv im Bezug auf das Audiomaterial reproduziert, vervielfältigt und übertragen werden kann, z.B. über das Internet.

5 Eine vorteilhafte Ausführung mit solchen Steuerdateien stellt ein Datenträger D dar, wie dieser anhand von FIG 6 veranschaulicht ist. Dieser weist eine Kombination einer normalen Audio-CD mit digitalen Audiodaten AUDIO\_DATA eines ersten Datenbereichs D1 mit einem auf einem weiteren Datenteil D2 der CD untergebrachten Programm PRG\_DATA zum Abspielen solcher ebenfalls vorhandener Mixdateien MIX\_DATA auf, die unmittelbar auf die auf der CD abgelegten Audio-Daten AUDIO\_DATA zugreifen. Dabei muss die Abspiel- bzw. Mix-Applikation PRG\_DATA nicht zwingend Bestandteil eines solchen Datenträgers sein. Auch eine Kombination aus einem ersten Datenbereich  
10 D1 mit digitalen Audioinformationen AUDIO\_DATA und einem zweiten Datenbereich mit einer oder mehreren Dateien mit den genannten digitalen Steuerdaten MIX\_DATA ist vorteilhaft, denn ein solcher Datenträger beinhaltet in Verbindung mit einem Musik-Abspieler der Erfindung alle erforderlichen Informationen zur Reproduktion eines zu einem früheren Zeitpunkt erstellten neuen Gesamtwerkes aus den vorhandenen digitalen Audioquellen.

Besonders vorteilhaft jedoch lässt sich die Erfindung auf einem geeignet programmierten digitalen Computer mit  
15 entsprechenden Audio-Schnittstellen realisieren, indem ein Softwareprogramm die im vorangehenden dargestellten Verfahrensschritte auf dem Computersystem durchführt (z.B. die Abspiel- bzw. Mix-Applikation PRG\_DATA). Der beschriebene Datenträger in Verbindung mit dem auf einem Standard-CD-Rom-Laufwerk durchgeführten vorteilhaften CD-Grabbing-Verfahren ermöglicht dann die komplette Funktionalität der Erfindung.

Alle in der vorstehenden Beschreibung erwähnten bzw. in den Figuren dargestellten Merkmale sollen, sofern der  
20 bekannte Stand der Technik dies zulässt, für sich allein oder in Kombination als unter die Erfindung fallend angesehen werden.

Die vorangehende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen nach der Erfindung ist zum Zwecke der Veranschaulichung angegeben. Diese Ausführungsbeispiele sind nicht erschöpfend. Auch ist die Erfindung nicht auf die genaue angegebene Form beschränkt, sondern es sind zahlreiche Modifikationen und Änderungen im Rahmen der  
25 vorstehend angegebenen technischen Lehre möglich. Eine bevorzugte Ausführungsform wurde gewählt und beschrieben, um die prinzipiellen Details der Erfindung und praktische Anwendungen zu verdeutlichen, um den Fachmann in die Lage zu versetzen, die Erfindung zu realisieren. Eine Vielzahl bevorzugter Ausführungsformen sowie weitere Modifikationen kommen bei speziellen Anwendungsgebieten in Betracht.

## Bezugszeichenliste

$E_i$	Events eines Audiodatenstroms
$T_i$	Zeitintervalle
$F1, F2$	Frequenzbänder
BD1, BD2	Detektoren für rhythmusrelevante Informationen
BPM_REF	Referenz-Zeitintervall
BPM_C1,	
BPM_C2	Verarbeitungseinheiten zur Tempoerkennung
$T_{1i}$	ungruppiert Zeitintervalle
$T_{2i}$	Paare von Zeitintervallen
$T_{3i}$	Dreiergruppen von Zeitintervallen
OKT	Zeit-Oktavierungseinheiten
$T_{1io} \dots T_{3io}$	zeit-oktavierte Zeitintervalle
CHK	Konsistenzprüfung
BPM1, BPM2	unabhängige Ströme von Tempowerten bpm
STAT	Statistische Auswertung der Tempowerte
N	Häufungspunkte
A, bpm	näherungsweise ermitteltes Tempo eines Musikstückes
P	näherungsweise ermittelte Phase eines Musikstückes
1...6	Verfahrensschritte
MCLK	Referenz-Oszillator / Master-Clock
V	Komparator
+	Phasenübereinstimmung
-	Phasenverschiebung
q	Korrekturwert
bpm_neu	resultierender neuer Tempowert A
RESET	Neustart bei Tempoänderung
CD-ROM	Audiodatenquelle / CD-Rom-Laufwerk
S	zentrale Instanz / Scheduler
TR1...TRn	Audiodatentracks
P1...Pn	Pufferspeicher
A1...An	aktuelle Abspielpositionen



S1...Sn	Anfänge der Daten
R1, R2	Regler / Steuerelemente
LP	Tiefpaß-Filter
DIFF	Differenzierer
SW1	Schalter
IN1, IN2	erster und zweiter Eingang
a	erster Betriebsmodus
b	zweiter Betriebsmodus
SL	Mittel zur Rampenglättung / Slew Limiter
PLAY	Abspieleinheit
DEC	Decoder
B	Pufferspeicher
R	Ausleseeinheit mit variablem Tempo
PEF	Pre-Emphase-Filter / Vorverzerrungs-Filter
DEF	De-Emphase-Filter / Rückentzerrungs-Filter
AUDIO_OUT	Audio-Ausgabe
D	Tonträger / Datenträger
D1, D2	Datenbereiche
AUDIO_DATA	digitale Audiodaten
MIX_DATA	digitale Steuerdaten
PRG_DATA	Computerprogrammdateien

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes mit den folgenden Verfahrensschritten:
  - näherungsweise Ermittlung des Tempos (A) des Musikstückes durch eine statistische Auswertung (STAT) der zeitlichen Abstände ( $T_i$ ) rhythmusrelevanter Beat-Informationen in den digitalen Audiodaten ( $E_i$ ),
  - näherungsweise Ermittlung der Phase (P) des Musikstückes anhand der Lage der Takte in den digitalen Audiodaten im Zeitraster eines mit einer dem ermittelten Tempo proportionalen Frequenz schwingenden Referenz-Oszillators (MCLK),
  - sukzessive Korrektur von ermitteltem Tempo (A) und Phase (P) des Musikstückes anhand einer möglichen Phasenverschiebung des Referenz-Oszillators (MCLK) relativ zu den digitalen Audiodaten durch Auswertung der resultierenden systematischen Phasenverschiebung und Regulierung der Frequenz des Referenz-Oszillators proportional der ermittelten Phasenverschiebung.
2. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach Anspruch 1, wobei rhythmusrelevante Beat-Informationen ( $T_i$ ) durch Bandpassfilterung ( $F_1$ ,  $F_2$ ) der zugrunde liegenden digitalen Audiodaten in verschiedenen Frequenzbereichen gewonnen werden.
3. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach Anspruch 1 oder 2, wobei Rhythmusintervalle der Audiodaten im Bedarfsfall durch Multiplikation ihrer Frequenz mit 2er-Potenzen in eine vordefinierte Frequenz-Oktave transformiert (OKT) werden, wo diese Zeitintervalle ( $T_{1io} \dots T_{3io}$ ) zur Tempoermittlung liefern.
4. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach Anspruch 3, wobei der Frequenz-Transformation (OKT) eine Gruppierung von Rhythmusintervallen ( $T_i$ ), insbesondere in Paare ( $T_{2i}$ ) oder Dreiergruppen ( $T_{3i}$ ), durch Addition ihrer Zeitwerte vorausgeht.
5. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche 2 bis 4, wobei die gewonnene Menge an Daten von Zeitintervallen (BPM1, BPM2) der rhythmusrelevanten Beat-Informationen auf Häufungspunkte (N) untersucht wird und die näherungsweise Tempoermittlung anhand der Informationen eines Häufungsmaximums erfolgt.
6. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, wobei zur näherungsweisen Ermittlung der Phase (P) des Musikstückes die Phase des Referenz-Oszillators (MCLK) derart gewählt wird, dass sich die größtmögliche Übereinstimmung zwischen den rhythmusrelevanten Beat-Informationen in den digitalen Audiodaten und den Nulldurchgängen des Referenz-Oszillators (MCLK) einstellt.
7. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine sukzessive Korrektur (2, 3, 4, 5) von ermitteltem Tempo und Phase des Musikstückes in regelmäßigen Abständen in so kurzen Zeitintervallen erfolgt, dass resultierende Korrekturbewegungen und/oder Korrekturverschiebungen unterhalb der Hörbarkeitsgrenze bleiben.

8. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, wobei alle sukzessiven Korrekturen von ermitteltem Tempo und Phase des Musikstückes über die Zeit akkumuliert (4) werden und darauf aufbauend weitere Korrekturen mit stetig steigender Präzision erfolgen;

5 wobei insbesondere wobei sukzessive Korrekturen solange erfolgen, bis ein vorgegebener tolerierbarer Fehlergrenzwert unterschritten wird, insbesondere bis für das ermittelte Tempo ein Fehlergrenzwert kleiner als 0,1% unterschritten wird.

9. Verfahren zur Erkennung von Tempo und Phase eines in digitalem Format vorliegenden Musikstückes nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, wobei für den Fall, dass die Korrekturen über einen vorgebbaren Zeitraum hinweg immer jeweils negativ oder positiv sind (6), eine erneute (RESET) näherungsweise Ermittlung von Tempo (A) und Phase (P) mit anschließender sukzessiver Korrektur (2, 3, 4, 5) erfolgt.

10. Verfahren zur Synchronisierung von mindestens zwei in digitalem Format vorliegenden Musikstücken mit folgenden Verfahrensschritten:

- 5 - vollständige Ermittlung von Tempo und Phase des ersten Musikstückes nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- näherungsweise Ermittlung von Tempo und Phase des weiteren Musikstückes nach einem der vorangehenden Ansprüche,
- Anpassung der Abspielgeschwindigkeit und der Abspielphase dieses weiteren Musikstückes durch sukzessive Anpassung der Frequenz und der Phase des diesem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators an die
- 10 Frequenz und die Phase des dem anderen Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators.

11. Verfahren zur Synchronisierung von mindestens zwei in digitalem Format vorliegenden Musikstücken nach Anspruch 10, wobei zur Anpassung der Abspielgeschwindigkeit und der Abspielphase des weiteren Musikstückes anhand einer möglichen Phasenverschiebung des diesem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators relativ zu dem Referenz-Oszillator des anderen Musikstückes eine Auswertung der resultierenden systematischen

25 Phasenverschiebung und eine Regulierung der Frequenz des dem weiteren Musikstück zugeordneten Referenz-Oszillators proportional der ermittelten Phasenverschiebung erfolgt.

12. Musik-Abspieler, bei dem mindestens zwei in digitalem Format vorliegende Musikstücke gemäß Anspruch 10 oder 11 in Echtzeit synchronisierbar sind, wobei insbesondere

30 jeweils rhythmusrelevante Beat-Informationen (Ti) eines vorgegebenen zurückliegenden Zeitraums ausgehend von einer aktuellen Abspielposition des Musikstückes als Grundlage zur Tempoermittlung in Echtzeit dienen.

13. Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 11 oder 12, wobei synchronisierte Musikstücke automatisch zu einem Gesamtwerk mit einheitlichem Rhythmus arrangierbar und abspielbar sind.

14. Interaktiver Musik-Abspieler, insbesondere nach einem der vorangehenden Ansprüche 11 bis 13, der

- ein Mittel zur graphischen Darstellung von mit einer Tempo- und Phasenerkennungsfunktion, insbesondere einer

35 solchen nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bestimmten Taktgrenzen eines in der Wiedergabe befindlichen Musikstückes in Echtzeit,

- ein erstes Steuerelement (R1) zum Wechsel zwischen einem ersten Betriebsmodus (a), in dem das Musikstück mit einem konstanten Tempo abgespielt wird, und einem zweiten Betriebsmodus (b), in dem die Abspielposition und/oder Abspielgeschwindigkeit vom Anwender direkt beeinflussbar in Echtzeit ist; und
- ein zweites Steuerelement (R2) zur Manipulation der Abspielposition in Echtzeit

5 umfasst.

15. Interaktiver Musik-Abspieler nach Anspruch 14, mit

- einem Mittel zur graphischen Darstellung der aktuellen Abspielposition, mit dem eine Amplitudenhüllkurve der Klangwellenform des wiedergegebenen Musikstückes über einen vorgebbaren Zeitraum vor und nach der aktuellen Abspielposition darstellbar ist, wobei sich die Darstellung in Echtzeit mit dem Tempo der Wiedergabe des Musikstückes verschiebt, und mit
- einem Mittel zur Glättung (LP, SL) eines stufigen Verlaufs zeitlich begrenzter, mit dem zweiten Steuerelement (R2) vorgegebener Abspiel-Positionsdaten zu einem sich gleichmäßig mit einer der Audio-Abtastrate entsprechenden zeitlichen Auflösung ändernden Signal, wobei insbesondere zur Glättung eines stufigen Verlaufs zeitlich begrenzter Abspiel-Positionsdaten ein Mittel zur
- 15 Rampenglättung (SL) vorgesehen ist, durch das mit jeder vorgegebenen Abspiel-Positionsnachricht eine Rampe mit konstanter Steigung auslösbar ist, die in einem vorgebbaren Zeitintervall das geglättete Signal von seinem bisherigen Wert auf den Wert der Abspiel-Positionsnachricht fährt.

16. Interaktiver Musik-Abspieler nach Anspruch 15, wobei ein lineares digitales Tiefpaß-Filter (LP), insbesondere ein Resonanzfilter zweiter Ordnung, zur Glättung eines stufigen Verlaufs zeitlich begrenzter vorgegebener Abspiel-  
20 Positionsdaten dient.

17. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 16, wobei im Fall eines Wechsels zwischen den Betriebsmodi (a, b) die im vorhergehenden Modus erreichte Position als Ausgangsposition im neuen Modus dient.

18. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 14 bis 17, wobei im Fall eines Wechsels  
25 zwischen den Betriebsmodi (a, b) die im vorhergehenden Modus erreichte aktuelle Abspielgeschwindigkeit (DIFF) durch eine Glättungsfunktion, insbesondere eine Rampenglättung (SL) oder ein lineares digitales Tiefpaß-Filter (LP), auf die dem neuen Betriebsmodus entsprechende Abspielgeschwindigkeit führbar ist.

19. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 18, wobei ein Audiosignal ein Scratch-Audio-Filter durchläuft, indem das Audiosignal einer Pre-Emphase-Filterung (PEF) unterzogen und in einem  
30 Pufferspeicher (B) abgelegt wird, aus dem es in Abhängigkeit von der jeweiligen Abspielgeschwindigkeit mit variablem Tempo auslesbar (R) ist, um anschließend einer De-Emphase-Filterung (DEF) unterzogen und wiedergegeben zu werden.

20. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 19, wobei für eines oder mehrere der synchronisierten Musikstücke anhand der ermittelten Tempoinformation des jeweiligen Musikstückes die Länge  
35 einer über einen oder mehrere Takte dieses Musikstückes reichenden Wiedergabe-Schleife in Echtzeit taktsynchron definierbar und abspielbar ist.

21. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 20, wobei für eines oder mehrere der synchronisierten Musikstücke anhand der ermittelten Phaseninformation des jeweiligen Musikstückes in Echtzeit takttsynchrone Sprungmarken definierbar und innerhalb dieses Musikstückes um ganzzahlige Vielfache von Takten verschiebbar sind,
- 5 wobei jeder wiedergegebene Audiodatenstrom durch Signalverarbeitungsmittel in Echtzeit manipulierbar ist, insbesondere durch Filtereinrichtungen und/oder Audioeffekte.
22. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 21, wobei Echtzeiteingriffe über den zeitlichen Ablauf als digitale Steuerinformationen (MIX\_DATA) speicherbar sind, insbesondere solche eines Mischvorganges mehrerer Musikstücke und/oder zusätzliche Signalverarbeitungen.
23. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 22, wobei Mischvorgänge von Musikstücken und/oder interaktive Eingriffe in Musikstücke mit Audiosignalverarbeitungsmitteln als ein neues Gesamtwerk unabhängig von digitalen Audioinformationen von Musikstücken in Form digitaler Steuerinformationen (MIX\_DATA), insbesondere zu Reproduktionszwecken, speicherbar sind.
24. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 22 oder 23, wobei gespeicherte digitale Steuerinformationen ein Format aufweisen, das Informationen zur Identifikation der verarbeiteten Musikstücke und eine jeweilige diesen zugeordnete zeitliche Abfolge von Abspielpositionen und Zustandsinformationen der Stellglieder des Musik-Abspielers umfasst.
25. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 25, der durch ein geeignet programmiertes mit Audioschnittstellen ausgestattetes Computersystem realisiert ist.
26. Verfahren zur Bereitstellung digitaler Audiodaten mindestens zweier Musikstücke von einer Datenquelle (CD-ROM) mit nur einer Leseinheit in Echtzeit, insbesondere zu deren Synchronisierung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die Datenquelle Audiodaten mit einer im Vergleich zu deren Abspielgeschwindigkeit höheren Lesegeschwindigkeit liefert, indem für jedes wiederzugebende Musikstück (TR1...TRn) ein jeweiliger Puffer-Speicher (P1...Pn), insbesondere Ringpuffer-Speicher, vorgesehen ist, und die höhere Lesegeschwindigkeit dazu genutzt wird, die jeweiligen Pufferspeicher (P1...Pn) derart mit zugehörigen Audiodaten zu füllen, dass stets zeitlich vor und nach einer aktuellen Abspielposition (A1...An) des jeweiligen Musikstückes (TR1...TRn) Audiodaten bereitstehen.
27. Verfahren zur Bereitstellung digitaler Audiodaten nach Anspruch 26, wobei der Zustand jedes Puffer-Speichers (P1...Pn) dahingehend überwacht wird, ob ausreichend Daten bereitstehen, und bei Unterschreiten eines vorgebbaren Schwellwertes eine von der Wiedergabe der Musikstücke (TR1...TRn) entkoppelte zentrale Instanz (S) mit der Bereitstellung der erforderlichen Audiodaten beauftragt wird, die selbsttätig die erforderlichen Bereiche von Audiodaten von der Datenquelle (CD-ROM) anfordert und den zugehörigen Puffer-Speicher (P1...Pn) mit den erhaltenen Daten auffüllt, wobei insbesondere beim Auffüllen eines Puffer-Speichers (P1...Pn) nicht mehr benötigte Daten überschrieben werden.
28. Verfahren zur Bereitstellung digitaler Audiodaten nach Anspruch 26 oder 27, wobei die zentrale Instanz (S) parallel eintreffende Anforderungen in eine sequentiell abzuarbeitende Reihenfolge bringt.

29. Interaktiver Musik-Abspieler nach einem der vorangehenden Ansprüche 12 bis 25, dem ein nach einem der vorangehenden Ansprüche 26 bis 28 betriebenes CD-ROM-Laufwerk (CD-ROM) als Datenquelle der Musikstücke (TR1...TRn) dient.

5 30. Computerprogrammprodukt, das direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwareabschnitte umfasst, mit denen die Verfahrensschritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 oder 25 bis 27 ausgeführt werden, wenn das Programmprodukt auf einem Computer ausgeführt wird.

31. Datenträger (D), insbesondere Compact Disc, der

- einen ersten Datenbereich (D1) mit digitalen Audiodaten (AUDIO\_DATA) eines oder mehrerer Musikstücke (TR1...TRn) und

10 - einen zweiten Datenbereich (D2) mit einer Steuerdatei (MIX\_DATA) mit digitalen Steuerinformationen zur Ansteuerung eines Musik-Abspielers umfasst, insbesondere eines solchen nach einem der Ansprüche 12 bis 25, wobei  
- die Steuerdaten (MIX\_DATA) des zweiten Datenbereichs (D2) auf Audiodaten (AUDIO\_DATA) des ersten Datenbereichs (D1) Bezug nehmen.

32. Datenträger (D) nach Anspruch 31, wobei die digitalen Steuerinformationen (MIX\_DATA) des zweiten Datenbereichs (D2) Mischvorgänge von Musikstücken und/oder interaktive Eingriffe in Musikstücke mit Audiosignalverarbeitungsmitteln als ein neues Gesamtwerk der digitalen Audioinformationen (AUDIO\_DATA) von Musikstücken des ersten Datenbereichs (D1) repräsentieren.

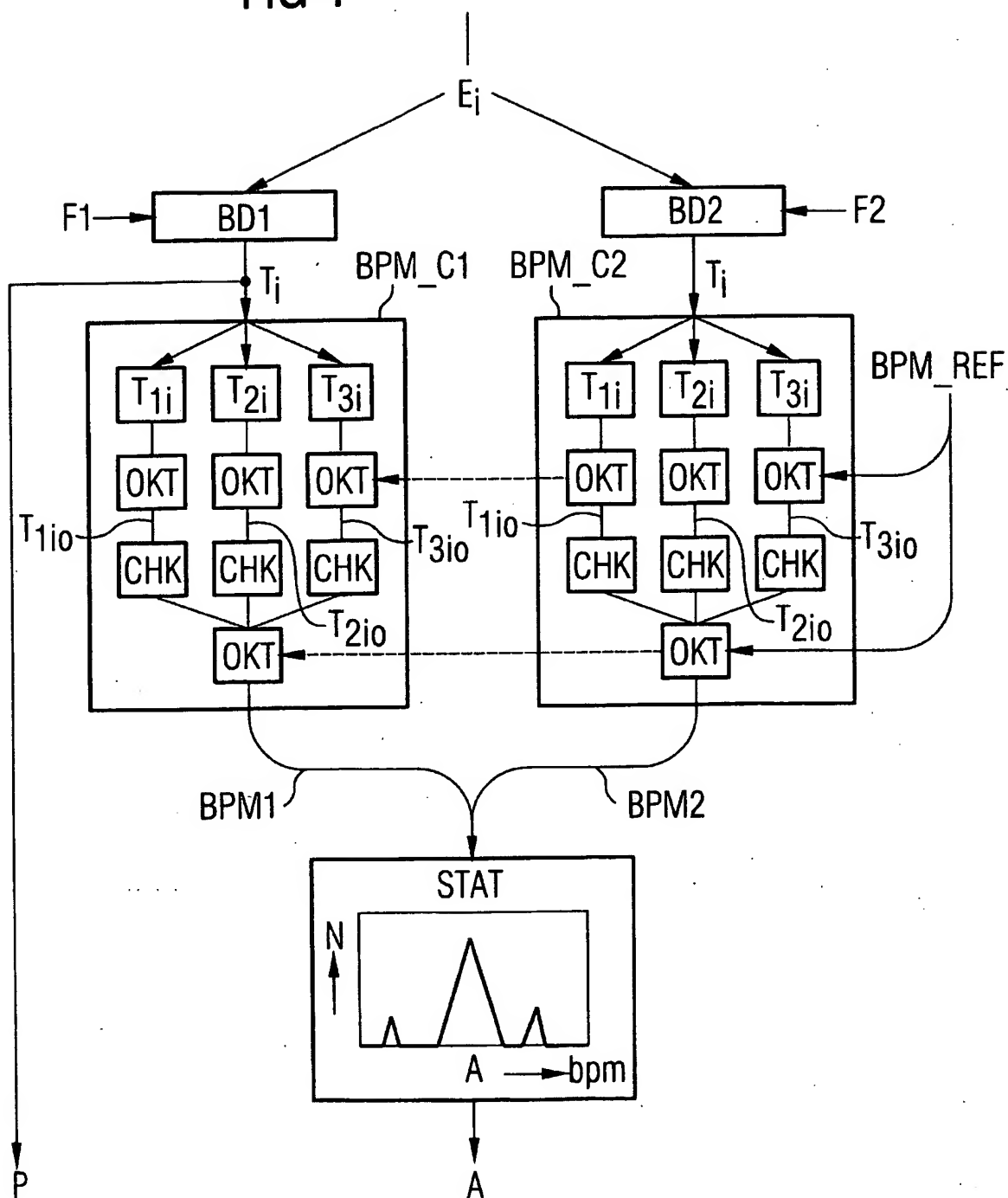
33. Datenträger (D) nach Anspruch 31 oder 32, wobei gespeicherte digitale Steuerinformationen (MIX\_DATA) des zweiten Datenbereichs (D2) ein Format aufweisen, das Informationen zur Identifikation der verarbeiteten Musikstücke (TR1...TRn) des ersten Datenbereichs (D1) und eine jeweilige diesen zugeordnete zeitliche Abfolge von Abspielpositionen und Zustandsinformationen der Stellglieder des Musik-Abspielers umfasst.

34. Computerprogrammprodukt (PRG\_DATA), das auf einem Datenträger (D) nach einem der Ansprüche 31 bis 33 angeordnet ist und direkt in den internen Speicher eines digitalen Computers geladen werden kann und Softwareabschnitte umfasst, mit denen dieser digitale Computer die Funktion eines Musik-Abspielers übernimmt, insbesondere  
25 eines solchen nach einem der Ansprüche 12 bis 25 oder 33, mit dem entsprechend den Steuerdaten (MIX\_DATA) des zweiten Datenbereichs (D2) des Datenträgers (D), die auf Audiodaten (AUDIO\_DATA) des ersten Datenbereichs (D1) des Datenträgers (D) verweisen, ein durch die Steuerdaten (MIX\_DATA) repräsentiertes Gesamtwerk abspielbar ist, wenn das Programmprodukt (PRG\_DATA) auf einem Computer ausgeführt wird.

35. Datenstruktur, die vorzugsweise in einer Steuerdatei (MIX\_DATA) abgelegt ist, mit digitalen Steuerinformationen  
30 zur Ansteuerung eines Musik-Abspielers, insbesondere eines solchen nach einem der Ansprüche 12 bis 25, wobei die Steuerdaten (MIX\_DATA) auf Audiodaten (AUDIO\_DATA) Bezug so bezug nehmen, dass ein Mischen von Audiodaten möglich ist, in dem vorzugsweise eine zeitliche Abfolge von Steuerdaten, eine zeitliche Abfolge von exakten Abspielpositionen in der Audioquelle, Intervalle mit kompletter Zustandsinformation aller Stellglieder, um als Wiederaufsetzpunkte der Wiedergabe zu dienen, in der Datenstruktur abgelegt sind.

1/4

FIG 1



2/4

FIG 2

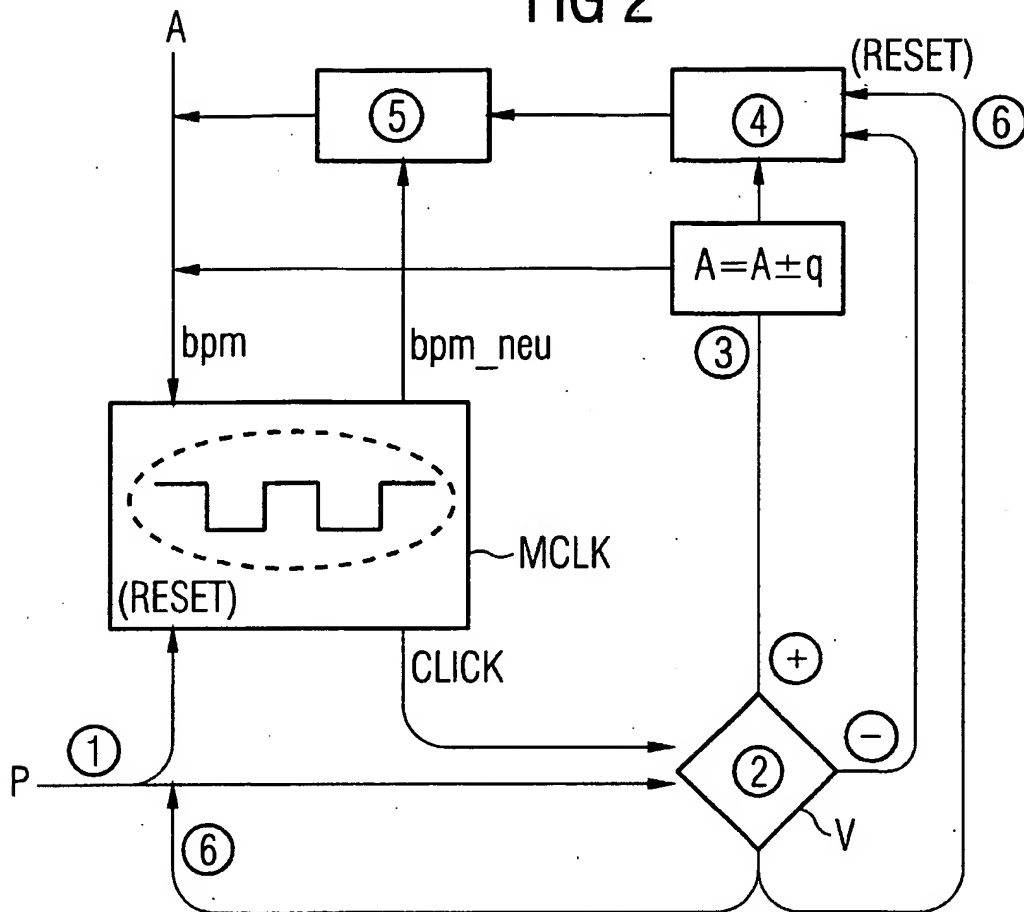
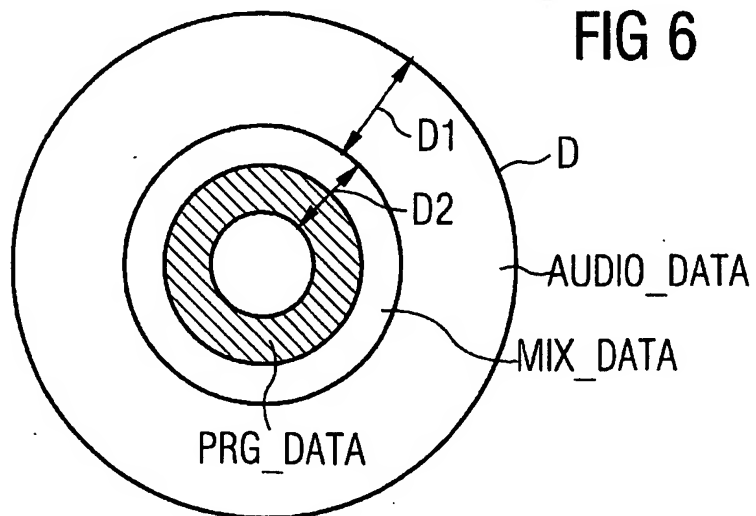


FIG 6





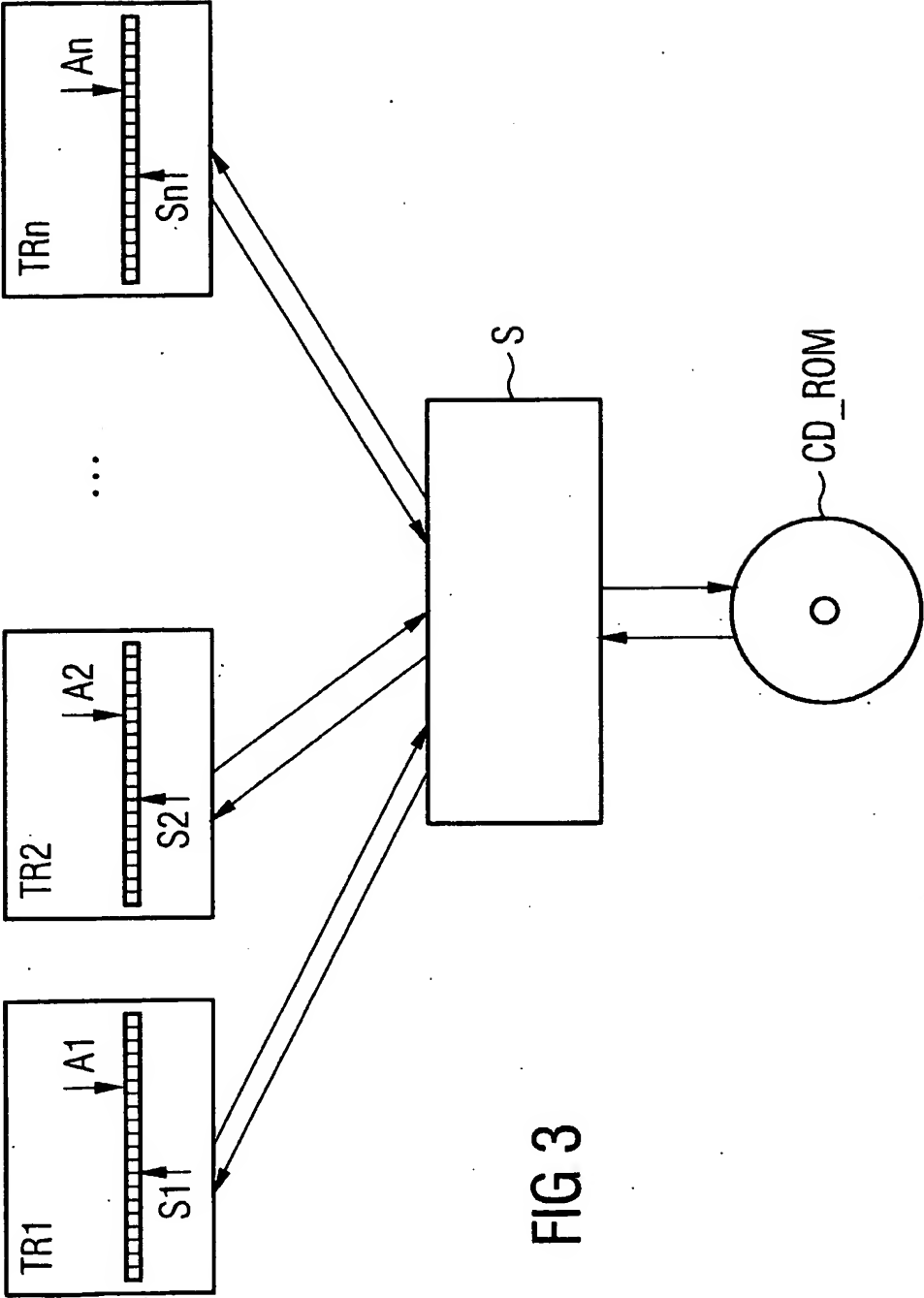


FIG 3

4/4

FIG 4

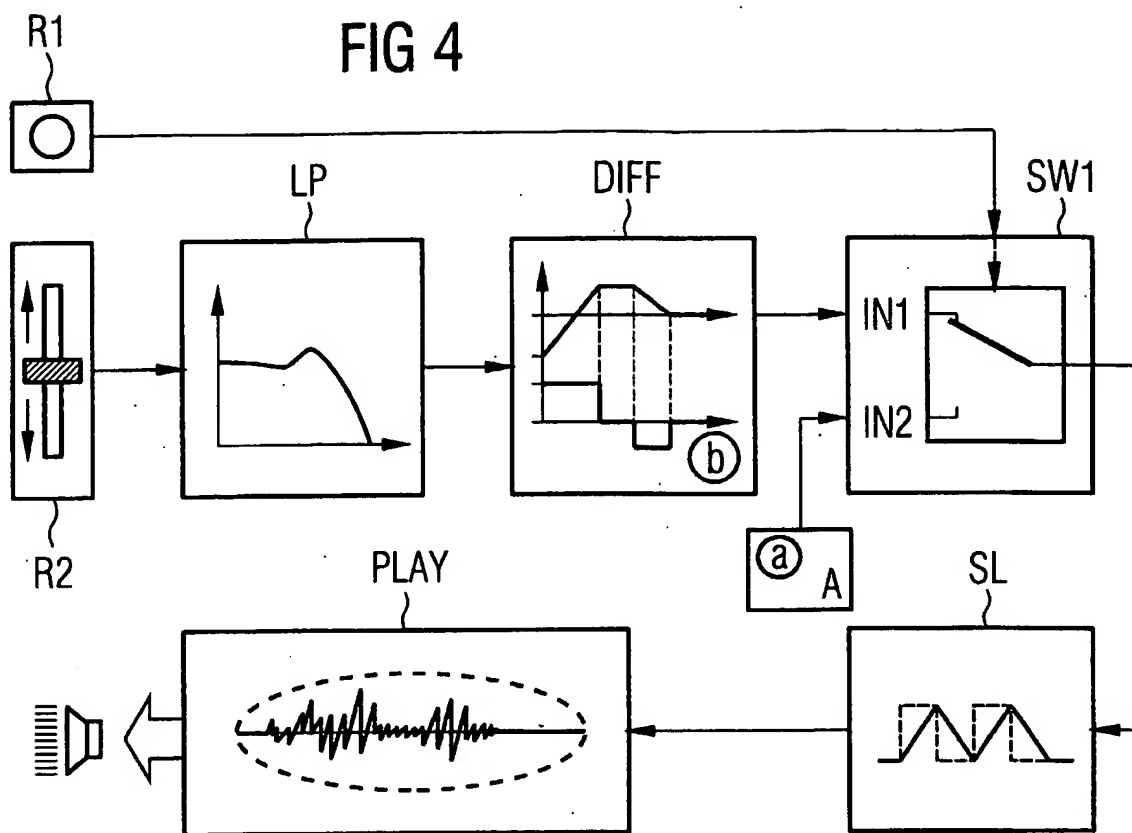


FIG 5

